

**OPTIMASI KONSENTRASI AGAR, XANTHAN GUM, DAN
GUAR GUM SEBAGAI GELLING AGENT PADA MARSHMALLOW
BERBASIS AQUAFABA KACANG ARAB MENGGUNAKAN
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

(Skripsi)

Oleh

**Primasetya Ramadhan
2164051001**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF AGAR, XANTHAN GUM, AND GUAR GUM CONCENTRATIONS AS GELLING AGENTS IN CHICKPEA AQUAFABA-BASED MARSHMALLOWS USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

By

Primasetya Ramadhan

Marshmallows are a type of soft candy enjoyed by many people, especially children. It is typically made using gelatin or egg whites as foaming agents. However, concerns about the halal status of gelatin present challenges for Muslim consumers, as well as for those following vegetarian or plant-based diets. Aquafaba, the liquid from cooked legumes such as chickpeas (*Cicer arietinum*) has emerged as a promising plant-based foaming agent due to its content of albumin and globulin proteins. However, aquafaba has some limitations in terms of foam capacity and stability. To improve its structure and texture in marshmallow production, it is necessary to incorporate polysaccharide-based hydrocolloid gelling agents. This study aimed to examine the effects and optimal levels of agar, xanthan gum, and guar gum as *gelling agents* on the chemical, physical, and sensory properties of chickpea aquafaba-based marshmallows. The research used Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD). The various concentrationss tested were agar (3%, 4.5%, 6%) (b/v), xanthan gum (0.5%, 1.5%, 2.5%) (b/v), and guar gum (0.5%, 1.5%, 2.5%) (b/v). The results showed that agar had no significant effect on any of the responses, xanthan gum significantly affected only the moisture content, while guar gum significantly influenced moisture content, density, springiness, and chewiness. The best formulation was found at 3% agar, 0.5% xanthan gum, and 2.5% guar gum. This combination produced marshmallows with chemical, physical, and sensory qualities almost similar to those made with gelatin.

Keywords: aquafaba, gelling agent, marshmallow, optimization, and RSM-CCM

ABSTRAK

OPTIMASI KONSENTRASI AGAR, XANTHAN GUM, DAN GUAR GUM SEBAGAI GELLING AGENT PADA MARSHMALLOW BERBASIS AQUAFABA KACANG ARAB MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Oleh

Primasetya Ramadhan

Marshmallow merupakan jenis permen lunak yang digemari banyak kalangan terutama anak-anak. Umumnya, *marshmallow* dibuat menggunakan gelatin atau putih telur sebagai agen pembentuk busa. Namun, isu kehalalan gelatin menimbulkan kekhawatiran bagi konsumen Muslim serta golongan tertentu yang menjalani pola makan khusus seperti vegetarian. *Aquafaba* merupakan cairan hasil rebusan legum seperti kacang arab (*Cicer arietinum*) yang memiliki potensi sebagai bahan pembusa nabati karena mengandung protein albumin dan globulin. Meski demikian, *aquafaba* memiliki keterbatasan dalam kapasitas dan stabilitas busanya. Oleh karena itu, perlu penambahan *gelling agent* dari golongan hidrokoloid polisakarida untuk meningkatkan struktur dan tekstur *marshmallow*. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh formula optimum dari campuran agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* sebagai *gelling agent* terhadap sifat kimia, fisik, dan sensori *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab. Penelitian menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD). Variasi konsentrasi bahan yang digunakan dalam formulasi yaitu agar (3%, 4,5%, 6%) (b/v), *xanthan gum* (0,5%, 1,5%, 2,5%) (b/v), dan *guar gum* (0,5%, 1,5%, 2,5%) (b/v). Hasil menunjukkan agar tidak berpengaruh nyata terhadap semua respon, *xanthan gum* hanya berpengaruh nyata terhadap kadar air, sedangkan *guar gum* berpengaruh nyata terhadap kadar air, densitas, *springiness*, dan *chewiness*. Formulasi optimum diperoleh pada agar 3%, *xanthan gum* 0,5%, dan *guar gum* 2,5% dengan karakteristik kimia, fisik, dan sensori yang hampir mendekati produk *marshmallow* berbasis gelatin.

Kata kunci: *aquafaba*, *gelling agent*, *marshmallow*, optimasi, dan RSM-CCM

**OPTIMASI KONSENTRASI AGAR, XANTHAN GUM, DAN
GUAR GUM SEBAGAI GELLING AGENT PADA MARSHMALLOW
BERBASIS AQUAFABA KACANG ARAB MENGGUNAKAN
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

Oleh

PRIMASETYA RAMADHAN

Skripsi

**Sebagai Salah satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

Judul Skripsi : **OPTIMASI KONSENTRASI AGAR,
XANTHAN GUM, DAN GUAR GUM SEBAGAI
GELLING AGENT PADA MARSHMALLOW
BERBASIS AQUAFABA KACANG ARAB
MENGUNAKAN RESPONSE SURFACE
METHODOLOGY**

Nama : **Primasetya Ramadhan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2164051001**

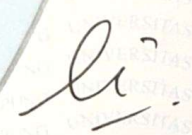
Program Studi : **Teknologi Hasil Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

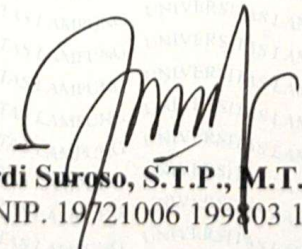


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 19640326 198902 1 001


Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si.
NIP. 19881104 201903 2 014

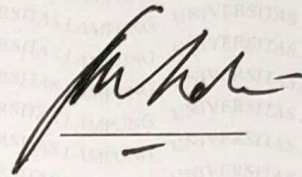
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A. C.EIA.
NIP. 19721006 199303 1 005

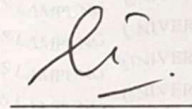
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

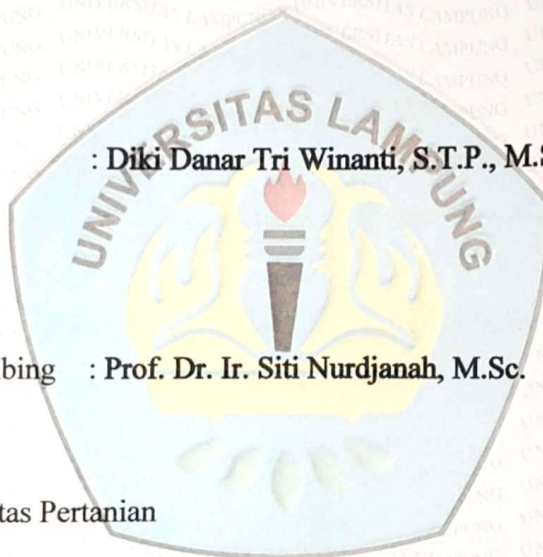
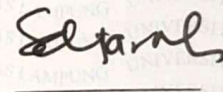
Ketua : Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.



Sekretaris : Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 April 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Primasetya Ramadhan

NPM : 2164051001

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila terdapat kecurangan dikemudian hari dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 19 April 2025
Pembuat Pernyataan



Primasetya Ramadhan
NPM 2164051001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 03 November 2003. Penulis merupakan putra pertama dari pasangan Bapak Toni Afrizon, S.Sos. dan Ibu Heni Herdanela, S.ST., M.Kes. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Gunung Megang pada tahun 2015, kemudian menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTs S PEMNU Talang Padang pada tahun 2018, serta menyelesaikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di MA Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2021. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Prestasi Khusus.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Mas Makmur, Kecamatan Mesuji Timur, Kabupaten Mesuji pada bulan Januari-Februari 2024. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. *Lampung Bay Seafood*, Kecamatan Tanjung Bintang, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung pada bulan Juli hingga Agustus 2024. Penulis telah menyelesaikan laporan PU dengan judul “Mempelajari Pengendalian Mutu dan Proses Produksi Produk *Frozen Slipper Lobster Meat* di PT. *Lampung Bay Seafood*”

Selama menjalani proses perkuliahan, penulis pernah diamanahkan menjadi salah satu delegasi mahasiswa sebagai *Student Representative* dalam acara Akreditasi Internasional ASIIN (*Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, der Informatik, der Naturwissenschaften und der Mathematik*) untuk Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, UNILA pada tahun 2022. Penulis juga pernah menjadi Mahasiswa Berprestasi Satu Tingkat Jurusan Teknologi Hasil Pertanian FP UNILA pada tahun 2024. Lebih lanjut, penulis pernah menjuarai perlombaan tingkat nasional posisi ketiga

yaitu KATULISTIWA (Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa) 2022 dan ESSOTECH (*Essay Event of Agriculture Technology*) 2024 yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, UNILA. Penulis juga menjuarai pelombaan Essai Ilmiah Inovasi Produk Pangan Berbasis *Mycoprotein* tingkat nasional posisi ketiga yang diselenggarakan oleh Departemen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada yang bekerja sama dengan *Borås University*, Swedia. Saat semester tujuh, penulis juga pernah mengikuti program *Credit Earning* di *Faculty of Agriculture and Natural Resources, An Giang University, Long Xuyên, Vietnam*.

Penulis pernah menjadi bagian dari Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) *English Society* Universitas Lampung sebagai anggota *internship* divisi *Human Resources* pada tahun 2023. Penulis juga merupakan anggota penuh di Organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian FP UNILA yang banyak mengambil peran sebagai anggota divisi acara. Selain itu, penulis aktif menjadi bagian dari kegiatan Asistensi Praktikum di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian FP UNILA pada mata kuliah Biologi (Ganjil 2022/2023), Praktikum Mikrobiologi Terapan (Ganjil 2023/2024), Praktikum Teknologi Hasil Nabati dan Hewani (Genap 2023/2024), Teknologi Gula (Ganjil 2024/2025), Agroindustri Gula dan Turunannya (Ganjil 2024/2025), dan Teknologi Pati (Genap 2024/2025).

SANWACANA

Alhamdulillah robbil 'alamin. Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, kesehatan, pengetahuan, karunia, kemudahan, serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “Optimasi Konsentrasi Agar, *Xanthan Gum*, dan *Guar Gum* sebagai *Gelling Agent* Pada *Marshmallow* Berbasis *Aquafaba* Kacang Arab Menggunakan *Response Surface Methodology*” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pelaksanaan penulisan skripsi oleh penulis ini banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dorongan baik langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak.

Maka, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, nasihat dan arahan selama menjalani perkuliahan, penelitian, hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ibu Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bantuan, arahan, bimbingan, nasihat, motivasi, saran, do'a, dan kritik selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, dan evaluasi dalam perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
7. Segenap Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan wawasan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
8. Staff Administrasi, Laboran, dan Penjaga Gedung Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
9. Mama Heni Herdanela, S.ST., M.Kes. selaku ibu penulis yang sangat penulis sayangi serta kedua adik penulis Rafliandi Afdal dan Raisa Afni Azzahra yang tiada henti memberikan dukungan, kasih cinta, do'a, dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Alm. Papa Toni Afrizon, S.Sos. selaku ayah penulis yang dahulu pernah memberikan kasih sayang serta menjadi panutan penulis sehingga penulis dapat menjadi lebih bertanggung jawab sejauh ini.
11. Teman-teman terbaik penulis semasa kuliah Putri Zhafira Azzahra, Naomi Azzahra, Aminah, Fransiska Dyah A. C., Ocha Maharani, Lintang Azzahra Muchson, Jihan Allya Syahar, Hersan Pratama Ashari, Galuh Septa Nugraha, Devi Paramita, Gracela Natalie, Selvi, Kristina Alma Isadora, dan Aisah Putri Muslimah yang telah menemani, membantu, mendukung, serta mengingatkan penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2021 yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kebersamaannya selama perkuliahan ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 19 April 2025

Primasetya Ramadhan
NPM 2164051001

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Kerangka Pemikiran	4
1.4. Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. <i>Marshmallow</i>	9
2.2. Kacang Arab.....	13
2.3. <i>Aquafaba</i> Kacang Arab	13
2.4. Bahan Tambahan Pembuatan <i>Marshmallow</i>	17
2.4.1. Sukrosa.....	18
2.4.2. Sirup glukosa.....	21
2.4.3. <i>Cream of tartar</i>	22
2.5. Agar.....	23
2.6. <i>Xanthan gum</i>	25
2.7. <i>Guar gum</i>	29
2.8. <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	32
III. METODE PENELITIAN	35
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.2. Bahan dan Alat.....	35
3.3. Metode Penelitian.....	36
3.4. Pelaksanaan Penelitian	39
3.4.1. Pembuatan <i>aquafaba</i> kacang arab	39

3.4.2. Pembuatan <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	40
3.5. Pengamatan	43
3.5.1. Analisis kimia	43
3.5.2. Analisis fisik	48
3.5.3. Analisis sensori	50
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1. Karakteristik Bahan Baku	54
4.2. Optimasi Sifat Kimia, Fisik, dan Sensori <i>Marshmallow</i> Berbasis <i>Aquafaba</i> Kacang Arab	55
4.2.1. Sifat kimia.....	57
4.2.1.1. Kadar air.....	57
4.2.1.2. Kadar abu	62
4.2.2. Sifat fisik.....	64
4.2.2.1. Densitas.....	64
4.2.2.2. <i>Hardness</i> (TPA).....	69
4.2.2.3. <i>Cohesiveness</i> (TPA).....	74
4.2.2.4. <i>Gumminess</i> (TPA).....	78
4.2.3. Uji skoring	82
4.2.3.1. <i>Springiness</i>	82
4.2.3.2. <i>Chewiness</i>	87
4.3. Penentuan Optimasi Konsentrasi <i>Gelling agent</i> pada <i>Marshmallow</i> Berbasis <i>Aquafaba</i> Kacang Arab	93
4.4. Uji Hedonik Berpasangan <i>Marshmallow</i> Perlakuan Optimum.....	95
4.5. Hasil Analisis Kimia <i>Marshmallow</i> Perlakuan Optimum.....	98
V. KESIMPULAN.....	101
5.1. Kesimpulan	101
5.2. Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....	103
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan gizi <i>marshmallow</i> berbasis gelatin per 100 g bahan.....	11
2. Syarat mutu permen lunak jenis <i>jelly</i> menurut SNI-3547-2-2008	12
3. Komposisi nutrisi kacang arab	14
4. Komposisi kimia <i>guar gum</i>	30
5. Hasil <i>design summary of Response Surface Methodology</i>	36
6. Faktor, variabel, dan taraf variabel RSM secara faktorial 2^3 pada proses pembuatan <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	37
7. Desain percobaan 2^3 faktorial dengan 3 variabel bebas	38
8. Definisi berbagai turunan parameter tekstur dalam pengujian <i>texture profile analysis</i>	49
9. Atribut turunan tekstur yang digunakan dalam pelatihan penilaian sensoris.....	51
10. Teknik pengujian sensori dalam mengevaluasi karakteristik tekstur pangan	52
11. Karakteristik <i>aquafaba</i> kacang arab.....	54
12. Hasil analisis respon sifat kimia, fisik, dan sensori sampel <i>marshmallow</i>	56
13. Hasil sidik ragam model linier respon kadar air <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	57
14. Hasil sidik ragam model linier respon kadar abu <i>marshmallow</i> berbasis kacang arab	62
15. Hasil sidik ragam model linier respon densitas <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	64
16. Hasil sidik ragam model linier respon <i>hardness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	69
17. Hasil sidik ragam model <i>two factor interaction</i> respon <i>cohesiveness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	74
18. Hasil sidik ragam model <i>two factor interaction</i> respon <i>gumminess marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	78

19. Hasil sidik ragam model linier respon <i>springiness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	83
20. Hasil sidik ragam model linier respon <i>chewiness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	87
21. Kriteria optimasi konsentrasi <i>gelling agent</i> pada <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	92
22. Perlakuan optimum <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	93
23. Hasil uji hedonik berpasangan antara <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab perlakuan optimum dan <i>marshmallow</i> gelatin.....	94
24. Hasil analisis kimia <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab perlakuan optimum.....	97
25. <i>Fit summary</i> respon kadar air.....	120
26. <i>Fit statistics</i> respon kadar air	120
27. <i>Fit summary</i> respon kadar abu	120
28. <i>Fit statistics</i> respon kadar abu.....	120
29. <i>Fit summary</i> respon densitas.....	121
30. <i>Fit statistics</i> respon densitas.....	121
31. <i>Fit summary</i> respon <i>hardness</i>	121
32. <i>Fit statistics</i> respon <i>hardness</i>	121
33. <i>Fit summary</i> respon <i>cohesiveness</i>	122
34. <i>Fit statistics</i> respon <i>cohesiveness</i>	122
35. <i>Fit summary</i> respon <i>gumminess</i>	122
36. <i>Fit statistics</i> respon <i>gumminess</i>	122
37. <i>Fit summary</i> respon <i>springiness</i>	123
38. <i>Fit statistics</i> respon <i>springiness</i>	123
39. <i>Fit summary</i> respon <i>chewiness</i>	123
40. <i>Fit statistics</i> respon <i>chewiness</i>	123
41. Rekapitulasi data uji hedonik berpasangan	124
42. Hasil rata-rata uji hedonik berpasangan	125
43. Tabel penentuan glukosa, fruktosa, dan gula <i>invert</i> dalam satuan bahan dengan metode <i>luff schroorl</i>	127
44. Kuesioner wawancara seleksi panelis	128
45. Kuesioner uji segitiga seleksi panelis	129
46. Kuesioner uji skala pelatihan panelis	130
47. Kuesioner uji ranking evaluasi panelis	131
48. Kuesioner uji skoring	132
49. Kuesioner uji hedonik berpasangan	133

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Visual <i>soft candy marshmallow</i>	9
2. Kenampakan tanaman dan biji kacang arab	14
3. <i>Aquafaba</i> kacang arab	17
4. Struktur kimia sukrosa	19
5. Struktur kimia agar.....	24
6. Struktur kimia <i>xanthan gum</i>	26
7. Interaksi sinergisme antara <i>xanthan gum</i> dan <i>galactomannan</i>	29
8. Struktur kimia <i>guar gum</i>	30
9. Model <i>response surface methodology</i> (a) FFD, (b) BBD, dan (c) CCD	32
10. Diagram alir proses pembuatan <i>aquafaba</i> kacang arab	40
11. Diagram alir proses pembuatan <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	42
12. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon kadar air <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	59
13. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon kadar air <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	59
14. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan <i>guar gum</i> terhadap kadar air.	60
15. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon densitas <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	66
16. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon densitas <i>marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab.....	66
17. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan densitas terhadap densitas.	66
18. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>hardness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	71
19. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>hardness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	72

20. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan <i>guar gum</i> terhadap <i>hardness</i>	72
21. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>cohesiveness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	76
22. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>cohesiveness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	76
23. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan <i>guar gum</i> terhadap <i>cohesiveness</i>	77
24. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>gumminess marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	80
25. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>gumminess marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	80
26. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan <i>guar gum</i> terhadap <i>gumminess</i>	81
27. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>springiness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	84
28. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>springiness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	85
29. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan <i>guar gum</i> terhadap <i>springiness</i>	85
30. <i>Contour plot</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>chewiness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	89
31. 3D <i>surface</i> interaksi variabel agar dan <i>xanthan gum</i> terhadap respon <i>chewiness marshmallow</i> berbasis <i>aquafaba</i> kacang arab	89
32. Grafik prediksi pengaruh variabel agar, <i>xanthan gum</i> , dan <i>guar gum</i> terhadap <i>chewiness</i>	90
33. Sertifikat pengujian kadar gula pereduksi dan kadar sukrosa <i>marshmallow</i> perlakuan optimum.....	126
34. Bahan baku agar	134
35. Bahan baku <i>xanthan gum</i>	134
36. Bahan baku <i>guar gum</i>	134
37. Bahan baku <i>aquafaba</i> kacang arab	134
38. Bahan baku sukrosa.....	134
39. Bahan baku sirup glukosa	134
40. Bahan baku <i>cream of tartar</i>	135
41. Bahan baku ekstrak vanila	135
42. Bahan baku air.....	135
43. Bahan baku kacang arab.....	135

44. Perendaman kacang arab.....	135
45. Perebusan kacang arab	135
46. <i>Aquafaba</i> kacang arab	136
47. Penyimpanan beku <i>aquafaba</i> kacang arab	136
48. Pencampuran bahan busa	136
49. Pengolesan wadah dengan minyak.....	136
50. Pemasakan larutan gula dan agar	136
51. Pencampuran bahan busa serta larutan gula dan agar	136
52. Adonan <i>marshmallow</i>	137
53. Pemotongan <i>marshmallow</i>	137
54. Pengeringan <i>marshmallow</i>	137
55. <i>Dusting marshmallow</i>	137
56. <i>Marshmallow</i> yang siap disajikan.....	137
57. Pengovenan uji kadar air	137
58. Desikator uji kadar air.....	138
59. Penimbangan cawan.....	138
60. Proses arang sampel uji kadar abu	138
61. Penabuan dengan tanur uji kadar abu.....	138
62. Pengukuran densitas.....	138
63. Pengujian dengan <i>texture analyzer</i>	138
64. Proses destruksi uji protein	139
65. Proses destilasi uji protein.....	139
66. Proses titrasi uji protein.....	139
67. Sampel set uji hedonik berpasangan	139
68. Panelis uji kesukaan berpasangan	139
69. Persiapan sampel seleksi panelis terlatih	139
70. Seleksi panelis terlatih.....	140
71. Sampel set pengujian skoring.....	140
72. Panelis pengujian skoring	140
73. Visual <i>marshmallow</i> secara dekat.....	140

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Produk *confectionary* merupakan produk yang mengacu pada berbagai macam panganan manis yang disukai oleh beragam konsumen dari semua kelompok usia, terutama anak-anak karena warna dan bentuknya yang menarik serta rasa dan teksturnya yang unik. Beberapa jenis produk *confectionary* yang saat ini telah banyak beredar di pasar Indonesia maupun dunia meliputi permen keras, karamel, *toffee*, *marshmallow*, permen *jelly*, permen karet dan sebagainya. Di antara banyaknya produk *confectionary* tersebut, salah satu produk yang dikenal akan sifat teksturalnya yang khas adalah *marshmallow* (Pronina *et al.*, 2024). *Marshmallow* adalah produk golongan *soft confectionery* populer dengan bahan baku utama gula serta penambahan *foaming agent* seperti gelatin ataupun putih telur yang diaerasi menjadi struktur seperti busa yang lembut (Santoso *et al.*, 2019). Saat ini, *market size marshmallow* dalam pasar global bernilai USD 346,78 juta pada tahun 2022 dan diperkirakan akan tumbuh sebesar 6,21% pada tahun 2028 (360 Market Updates, 2024). Permintaan produk yang begitu tinggi tersebut dapat menginisiasi peluang besar dalam pengembangan produk *marshmallow* yang lebih inovatif. Hal tersebut juga didasari oleh telah berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi yang membuat banyak masyarakat terpapar dengan berbagai tren baru di pasar makanan.

Inovasi pengembangan produk *marshmallow* yang saat ini telah banyak diteliti adalah penggunaan agen pembusa selain dari bahan gelatin dan albumin telur. Gelatin merupakan produk hidrokoloid turunan protein yang telah dikenal luas mampu membentuk sebuah tekstur gel elastis dan umumnya memiliki fungsi ganda sebagai *foaming* dan *gelling agent* yang paling efektif dalam pembuatan

marshmallow. Adapun albumin telur dapat digunakan sebagai alternatif pengganti gelatin yang biayanya terbilang murah serta memiliki kemampuan menghasilkan busa yang stabil (Nepovinnykha *et al.*, 2018). Namun, penggunaan gelatin dalam pembuatan *marshmallow* memiliki beberapa kelemahan seperti terbatasnya pilihan bagi konsumen dengan pola diet tertentu seperti vegan dan penderita gangguan metabolisme air-garam dan urolitiasis serta kekhawatiran etis beberapa golongan masyarakat tertentu terhadap produk turunan hewani khususnya gelatin (Tachie *et al.*, 2023). Maka dari itu, berbagai macam penelitian telah dilakukan untuk menemukan bahan baku alternatif dari kedua bahan utama produk *marshmallow* tersebut. Salah satu bahan pengganti gelatin maupun putih telur yang mulai banyak dikenali dalam industri pangan adalah *aquafaba* (Shim *et al.*, 2018).

Aquafaba merupakan suatu istilah yang merujuk pada suatu cairan berupa air rebusan biji dari tanaman legum seperti kacang arab, kacang kedelai, kacang hijau dan sebagainya yang diperoleh melalui proses pemasakan maupun dari produk kacang kalengan (Choden *et al.*, 2023). *Aquafaba* kacang arab secara umum memiliki kemampuan dalam pembentukan busa karena kandungan protein berupa albumin dan globulin bertanggung jawab dalam sifat surfaktan atau *emulsifying* yaitu kemampuan pembentukan lapisan antarmuka busa yang kaku (Yang *et al.*, 2023). Namun dalam aplikasinya, busa yang dihasilkan oleh *aquafaba* kacang arab ternyata banyak dilaporkan memiliki kemampuan stabilitas dan kapasitas busa yang kurang baik dibandingkan busa yang dihasilkan oleh albumin telur atau gelatin. Perbedaan kemampuan busa dari *aquafaba* ini dapat mempengaruhi pembentukan produk akhir sehingga diperlukan suatu bahan penstabil busa yang berasal dari hidrokoloid untuk meningkatkan stabilitas reologi yang kokoh dari busa sehingga dapat mempertahankan karakteristik struktural dan mekanik serta dari *marshmallow* yang dihasilkan (Kabziński *et al.*, 2019).

Beberapa hidrokoloid yang populer dan banyak digunakan dalam industri makanan adalah agar, *xanthan gum* dan *guar gum*. Ketiga hidrokoloid ini biasanya digunakan sebagai agen pengental, penstabil struktur, dan *gelling agent*

di berbagai formulasi produk pangan. Agar adalah hidrokoloid yang berasal dari alga merah *Glacilaria sp.* atau *Gelidium sp.* yang memiliki komposisi struktur berupa agarosa dan agaropektin. Agar memiliki sifat transisi sol-gel yang *thermoreversible* yang responsif terhadap suhu, mirip dengan gelatin sehingga mampu membentuk struktur yang kokoh pada sistem larutan atau busa. Namun, meskipun agar menghasilkan gel yang kokoh, sifat gel tersebut cenderung rapuh (*brittle*). Hal ini menyebabkan gel agar mudah pecah atau retak ketika diberikan tekanan atau distorsi (Wang *et al.*, 2017).

Xanthan gum adalah polisakarida dengan *back-bone* mirip selulosa yang disekresikan oleh mikroorganisme *Xanthomonas campestris* dan diproduksi secara fermentasi sedangkan *guar gum* adalah polisakarida golongan *galactomannan* yang diperoleh dari endosperma biji tanaman *guar* (Li *et al.*, 2023). Kabziński *et al.* (2019), menjelaskan jika kedua jenis hidrokoloid ini memiliki efek sinergis sebagai pemberi sifat viskoelastis yang dapat mempengaruhi stabilitas dari busa berbasis protein. Efek ini disebabkan oleh asosiasi yang terbentuk antara daerah bebas galaktosa di rangka belakang mannosida dari *guar gum* mengikat bagian heliks *xanthan gum* dengan ikatan hidrogen menyebabkan terjadi proses *binding* yang cukup kuat antar permukaan busa sehingga campuran antara hidrokoloid tersebut yang dikombinasikan dengan sifat agar yang kokoh diharapkan dapat memperbaiki karakteristik tekstur dari busa *marshmallow* menjadi lebih elastisitas, dapat mempertahankan bentuk dan dapat meningkatkan volume produk (Nepovinnikha *et al.*, 2018).

Aplikasi penggunaan agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* dalam pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab belum pernah dilakukan sebelumnya. Maka dari itu, diperlukan suatu alat untuk menemukan konsentrasi terbaik dari ketiga jenis *gelling agent* yakni dengan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM). Metode ini mengadopsi sekumpulan teknik matematika dan statistik yang digunakan untuk memodelkan serta menganalisis masalah di mana suatu respon dipengaruhi oleh beberapa variabel independen dengan tujuan mengoptimalkan respon tersebut. Metode RSM dengan

Central Composite Design atau CCD dapat membantu menentukan jumlah percobaan yang diperlukan yang kemudian dievaluasi untuk respons dan optimasi variabel. Metode ini mencakup tiga titik berbeda, yaitu titik faktorial, titik aksial, dan titik pusat (Riztyani and Hermanuadi, 2024). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum dari agar, *xanthan gum* dan *guar gum* sebagai *gelling agent* dalam pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* terhadap karakteristik kimia, fisik, dan sensori *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab
2. Mengetahui konsentrasi agar, *xanthan gum* dan *guar gum* yang menghasilkan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab dengan sifat fisik, kimia, dan sensori optimum berdasarkan *response surface methodology* (RSM)

1.3. Kerangka Pemikiran

Marshmallow merupakan salah satu jenis *soft candy* yang memiliki karakteristik tekstural yang unik dan khas seperti teksturnya yang *spongy* dan *springy* serta memiliki berwarna identik putih dan rasa yang manis (Santoso *et al.*, 2019). Saat ini, inovasi pengembangan produk *marshmallow* sudah banyak dilakukan, salah satunya yaitu pengolahan *marshmallow* tanpa penggunaan gelatin. Umumnya, *marshmallow* diolah menggunakan bahan berbasis hewani berupa gelatin ataupun albumin telur sebagai agen pembusa (Alfiansyah and Rosida, 2024). Namun, di era globalisasi ini preferensi konsumen dunia sangatlah bervariasi salah satunya adalah golongan orang-orang dengan jenis diet tertentu seperti vegan atau vegetarian (Tachie *et al.*, 2023).

Selain itu, adanya isu kehalalan penggunaan gelatin dalam hal regulasi produk pangan sehingga membuat kebutuhan akan produk alternatif yang bebas dari bahan hewani semakin meningkat (Tachie *et al.*, 2023). Adapun bahan alternatif yang dapat digunakan dalam pengembangan *gelatin-free marshmallow* adalah *aquafaba*. *Aquafaba* merupakan air bekas pemasakan biji tanaman famili *fabaceae* seperti kacang arab yang dilaporkan dapat menjadi bahan pengganti albumin telur sebagai agen pembusa dalam proses pengolahan *marshmallow*. Penggunaan *aquafaba* kacang arab juga di anggap sebagai pendekatan yang layak dan berkelanjutan serta mampu menambahkan nilai tambah pada bahan yang sebelumnya terbuang (Crawford *et al.*, 2023).

Kacang arab atau *chickpea* adalah jenis kacang-kacangan yang banyak ditemukan di Timur Tengah, India, dan beberapa negara Barat. Ketersediaan kacang Arab di Indonesia selama ini masih terbatas dan umumnya diperoleh melalui impor. Namun, perannya dalam industri pangan Indonesia cukup signifikan mengingat banyak kuliner yang mengadopsi budaya India dan Timur Tengah. Oleh karena itu, kacang arab diperkirakan akan terus memasuki pasar Indonesia (Kairupan *et al.*, 2024).

Sifat pembentukan busa merupakan aspek unik yang dapat ditemukan dari *aquafaba* kacang arab. Sifat tersebut dipengaruhi oleh beberapa senyawa yaitu kandungan protein molekul rendah (≤ 25 kDa) seperti albumin dan globulin, beragam polisakarida larut air dan senyawa aktif saponin. Namun, *aquafaba* kacang arab memiliki kandungan protein yang lebih rendah yaitu hanya sekitar 2,8% (Miranda *et al.*, 2024) dibandingkan dengan putih telur yaitu 8% (Matsuoka and Sugano, 2022) sehingga secara struktural, *aquafaba* kacang arab memiliki tingkat stabilitas dan kapabilitas busa yang kurang baik. Keberadaan protein sangatlah berperan dalam pembentukan busa karena kehadiran protein dapat memberikan stabilitas kinetik yang lebih tinggi karena adsorpsinya pada antarmuka udara-air mengakibatkan penurunan tegangan antarmuka dan protein membentuk lapisan antarmuka viskoelastis pada busa yang menyebabkan repulsi

sterik antar molekul sehingga mencegah terjadinya koalesensi (Ramos *and* Vidigal, 2022).

Stantiall *et al.* (2018), melaporkan bahwa kapasitas busa dari putih telur yaitu sebesar 400% sangatlah berbeda secara signifikan daripada *aquafaba* yaitu sebesar 39-97% yang dipreparasi dengan pemanasan 100°C dengan waktu 90 menit. Nguyet *et al.* (2021) juga memaparkan jika kapasitas busa dan stabilitas busa dari 100 g *aquafaba* kacang arab yang dipreparasi dengan cara direndam 8-10 jam, rasio pemasakan 1:4 (kacang arab : air) dan pendinginan selama 24 jam di suhu 4°C adalah sebesar 620,67% dan 85,67% sedangkan kapasitas busa dan stabilitas busa dari putih telur adalah sebesar 684% dan 98,67%. Stabilitas serta kapabilitas busa dari *aquafaba* kacang arab yang lebih rendah dapat secara spesifik mempengaruhi pembentukan karakteristik tekstural dan mekanik dari produk akhir *marshmallow*. Maka dari itu, diperlukan suatu bahan penstabil busa (*foam stabilizer*) yang berasal dari golongan hidrokoloid untuk memperbaiki karakteristik fisik busa yang secara eksplisit akan mempengaruhi produk akhir *marshmallow*.

Salah satu jenis hidrokoloid utama golongan polisakarida yang dapat digunakan sebagai *foam stabilizer* dalam suatu sistem busa *marshmallow* adalah agar. Agar dapat berperan sebagai *binding agent* busa karena partikel gel agar yaitu agarosa yang diberikan perlakuan *thermal* dan *cooling system* dapat menstabilkan busa melalui pembentukan matriks tiga dimensi yang mengintervensi aliran cairan antar partikel (*interstitial fluid*) di sistem busa yang secara signifikan memperlambat proses drainase (Ellis *et al.*, 2017). Walaupun begitu, penggunaan agar dalam pembuatan *marshmallow* kurang disukai karena dapat menghasilkan struktur *marshmallow* yang rapuh. Berdasarkan Nepovinnykha *et al.* (2018)., penggunaan agar 1,5% dalam pembuatan *marshmallow* berbasis albumin telur sebagai *whipping agent* menghasilkan tekstur *marshmallow* dengan bentuk yang kokoh dan volume yang cukup mengembang namun kurang dalam hal elastisitas dan cenderung keras. Maka dari itu, diperlukan penggunaan hidrokoloid lain yang

memiliki sifat viskoelastis lebih baik untuk memperbaiki kekenyalan dan elastisitas produk *marshmallow*.

Xanthan gum dan *guar gum* adalah dua dari banyaknya jenis hidrokoloid yang cukup populer digunakan dalam industri pangan khususnya sebagai *gelling agent*, penstabil struktur serta sebagai agen pengental. Aplikasi kedua jenis hidrokoloid tersebut telah banyak diteliti sebagai agen penstabil struktur busa. Baik *xanthan gum* dan *guar gum* dilaporkan memiliki efek sinergis dalam membentuk dan mempertahankan kapabilitas dan stabilitas busa sehingga mampu meningkatkan sifat viskoelastis produk akhir pangan berbasis busa seperti *marshmallow*. Interaksi intramolekuler optimal antara *xanthan gum* dan *guar gum* harus dalam keadaan suhu rendah sehingga proses pengikatan bagian perifer *backbone xanthan gum* dengan bagian *smooth region* molekul *guar gum* dapat berjalan secara sempurna (Ribeiro *et al.*, 2024).

Aplikasi penggunaan campuran hidrokoloid *xanthan gum* dan *guar gum* dapat memberikan sifat mekanik dan tekstural yang baik pada produk *marshmallow* berbasis busa protein. Berdasarkan penelitian Nepovinnykha *et al.* (2018), penggunaan rasio penambahan *xanthan gum* dan *guar gum* yaitu 0,8 g : 0,7 g yang dikombinasikan secara *water swelling* menghasilkan *marshmallow* berbasis albumin putih telur dengan tingkat ketebalan dan pengembangan volume yang cukup tinggi serta memiliki kemampuan mempertahankan bentuk yang sangat baik. Penelitian Mardani *et al.* (2019) juga memaparkan jika penambahan rasio *xanthan gum* dan *guar gum* yaitu 25% : 75% dari 2 g campuran menghasilkan *marshmallow* dari albumin telur dengan sifat *hardness*, *thermal behaviour*, kekuatan gel, serta sifat sensori yang baik dan mendekati dengan perlakuan kontrol yaitu *marshmallow* dengan penambahan gelatin.

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji optimasi konsentrasi dari tiga *gelling agent* yaitu agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* dalam pembuatan *marshmallow* menggunakan *aquafaba* kacang arab. Penambahan agar yang lebih tinggi akan memberikan tekstur busa yang tegar dan padat, namun

cenderung rapuh dan kaku. *Xanthan gum* dan *guar gum* di sisi lain dapat membentuk sifat viskoelastis, namun penggunaan *xanthan gum* yang lebih tinggi dapat mengakibatkan penurunan stabilitas busa dan peningkatan kadar air, sementara penambahan konsentrasi *guar gum* yang lebih tinggi akan meningkatkan viskositas dan stabilitas reologi busa yang lebih baik (Kabziński *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan konsentrasi agar yaitu 3%, 4,5%, dan 6% (b/v), konsentrasi *xanthan gum* yaitu 0,5%, 1,5%, dan 2,5% (b/v), serta konsentrasi *guar gum* yaitu 0,5%, 1,5%, dan 2,5% (b/v) berdasarkan volume *aquafaba*.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh konsentrasi agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* terhadap karakteristik kimia, fisik, dan sensori *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab
2. Terdapat kondisi optimum konsentrasi agar, *xanthan gum* dan *guar gum* yang menghasilkan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab dengan sifat fisik, kimia, dan sensori terbaik

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Marshmallow*

Marshmallow adalah jenis produk permen lunak yang dikenal luas memiliki tekstur lembut dan kenyal. Secara historis, *marshmallow* awalnya dibuat dari akar tanaman *Mallow* (*Althaea officinalis*) sejenis tanaman herbal yang tumbuh di daerah Eropa dan Afrika. Namun, seiring perkembangan industri makanan, bahan dasar akar tanaman tersebut digantikan dengan gelatin yang lebih mudah diperoleh dan diproses. Saat ini, formulasi bahan baku yang umum pada pembuatan *marshmallow* modern meliputi sukrosa, sirup glukosa, gelatin, dan terkadang ditambahkan dengan suatu bahan perisa. *Marshmallow* termasuk ke dalam produk semi basah dan memiliki standar kadar air sekitar 17-21%. Bahan-bahan tersebut akan diaerasi menggunakan *mixer* hingga mencapai tekstur yang ringan dan kenyal (Santoso *et al.*, 2019; Kirtil *et al.*, 2017). Kenampakan *marshmallow* disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Visual *soft candy marshmallow*.
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Bahan baku utama pembuatan *marshmallow* adalah sukrosa. Sukrosa secara umum memiliki fungsi sebagai bahan pembentuk *body* serta rasa manis pada produk *marshmallow*. Namun, penggunaan sukrosa murni dalam pembuatan

marshmallow tidak disarankan karena dapat membuat struktur *marshmallow* menjadi lebih *grainy* akibat pembentukan kristal yang berlebih. Maka, diperlukan penambahan bahan lain yang dapat berperan sebagai *interfering agent* yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kristalisasi dan dapat membantu membentuk tekstur *soft ball* gula menjadi lebih cepat dan efisien. Selain gula, penambahan *whipping agent* juga sangat dibutuhkan dalam pembuatan *marshmallow* dalam menghasilkan keseragaman dispersi dari sel udara (busa) menuju pada berat spesifik yang lebih rendah. Busa yang stabil tidak bisa didapatkan dengan pengocokan larutan gula dengan konsentrasi tinggi tanpa adanya *surface active agent*. Ada berbagai macam *whipping agent* di dunia *confectionery* dan umumnya berasal dari bahan berbasis protein contohnya seperti gelatin, *aquafaba*, putih telur, *whey*, susu skim, dan lain sebagainya (Atmaja, 2023).

Berdasarkan perkembangannya, *marshmallow* hadir dalam berbagai bentuk, ukuran, dan rasa, serta banyak dijual dengan formulasi beragam sehingga karakteristik nutrisi seperti kandungan gula dan kalori dapat berbeda-beda tergantung pada produk dan produsen pengolah. Formulasi lain yang telah banyak dikembangkan adalah pengolahan *marshmallow* berbahan dasar selain gelatin yaitu menggunakan albumin telur atau *aquafaba* sebagai agen pembusa. Selain itu, penelitian terbaru telah berfokus pada pengembangan varian *marshmallow* yang lebih sehat dengan memasukkan bahan-bahan alami dan mengurangi kandungan gula. Studi telah mengeksplorasi penggunaan jus buah dan sayuran sebagai pewarna dan perasa alami, seperti *golden berry*, bit merah, stroberi, labu, dan sebagainya. Bahan tambahan alami ini dapat meningkatkan sifat fungsional seperti antioksidan pada *marshmallow* (Ali *et al.*, 2017). Lebih lanjut, banyak peneliti yang menguji penggantian sukrosa dan sirup glukosa dengan alternatif seperti gula rendah kalori serta menginkorporasikan suatu bahan fungsional seperti probiotik untuk menciptakan produk permen fungsional dengan respons glikemik yang lebih rendah, yang berpotensi memberikan kesehatan pencernaan, mengurangi risiko obesitas, dan diabetes tipe II (Colmenares-Cuevas *et al.*, 2024).

Marshmallow secara umum sangatlah dikenal secara global khususnya di negara barat seperti Amerika Serikat dan sering sekali digunakan dalam berbagai macam resep makanan. *Marshmallow* biasanya digunakan sebagai bahan campuran dalam makanan dan minuman terutama sebagai hiasan atau *topping*. Selain itu, *marshmallow* sering menjadi produk komplementasi dalam pembuatan makanan manis lainnya seperti kue, cokelat, atau dikonsumsi dengan cara dipanggang pada acara perkemahan (Ali, 2020). Kandungan gizi per 100 g *marshmallow* disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan gizi *marshmallow* berbasis gelatin per 100 g bahan

Komposisi	Nilai gizi
Energi (kkal)	318
Karbohidrat (%)	27
Protein (%)	3
Lemak (g)	0,2
Natrium (mg)	80
Kalium (mg)	5
Zat besi (mg)	1

Sumber: USDA (2019)

Marshmallow masuk ke dalam golongan permen lunak sehingga standar mutunya akan merujuk pada SNI 3547-2-2008 dengan persyaratan mutu dapat mencakup parameter sensori, kadar air, kadar abu, kadar gula reduksi, dan kadar sukrosa. Permen lunak menurut SNI 3547-2-2008 adalah jenis makanan ringan dengan tekstur lunak atau kenyal yang terbuat dari gula sebagai bahan utama yang dikombinasikan dengan bahan pembentuk gel seperti gelatin, agar, pektin, pati, *gum*, dan sebagainya serta memerlukan tahap *aging* yaitu penyimpanan dalam waktu dan suhu tertentu. Umumnya kadar air dalam permen lunak lebih tinggi daripada permen keras sehingga dapat berpengaruh terhadap masa simpan yang lebih singkat. Penerapan persyaratan mutu ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk *marshmallow* yang beredar di pasaran aman untuk dikonsumsi dan memiliki kualitas yang konsisten. Syarat mutu permen lunak menurut SNI 3547-2-2008 disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Syarat mutu permen lunak jenis *jelly* menurut SNI 3547-2-2008

Kriteria Uji	Satuan	Syarat Mutu
Keadaan		
- Rasa		Normal (sesuai label)
- Bau		Normal (sesuai label)
Kadar Air	% fraksi massa	Maks. 20,0
Kadar Abu	% fraksi massa	Maks. 3,0
Gula reduksi (gula <i>invert</i>)	% fraksi massa	Maks. 25,0
Sakarosa	% fraksi massa	Min. 27,0
Cemaran Logam		
- Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 2,0
- Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 2,0
- Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 4,0
- Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03
- Arsen (As)	mg/kg	Maks. 1,0
Cemaran Mikroba		
- Angka Lempeng Total (ALT)	CFU/g	Maks. 5×10^4
- Bakteri <i>Coliform</i>	APM/g	Maks. 20
- <i>Escherichia coli</i>	APM/g	<3
- <i>Salmonella spp.</i>		Negatif/25 g
- <i>Staphylococcus aureus</i>	CFU/g	Maks. 1×10^2
- Kapang/Khamir	CFU/g	Maks. 1×10^2

Sumber: BSN 3547 (2008)

Standar mutu tekstur *marshmallow* dapat dinilai berdasarkan beberapa faktor utama yaitu densitas, tingkat kekerasan, elongasi, kekenyalan (*springiness*), sifat termal, dan *mouthfeel*. Densitas berkaitan dengan kepadatan produk di mana *marshmallow* dengan densitas rendah umumnya lebih ringan dan lebih lembut sedangkan densitas lebih tinggi dapat menghasilkan tekstur yang lebih padat dan berat. Kekerasan mengacu pada seberapa padat atau lembut *marshmallow*. *Marshmallow* berkualitas baik umumnya memiliki kekerasan rendah hingga sedang untuk memastikan kelembutan saat digigit. Elongasi merupakan parameter untuk mengetahui sifat mekanik sampel berdasarkan kemampuan *marshmallow* untuk meregang tanpa robek yang menunjukkan elastisitas dan kehalusan strukturnya. Kekenyalan atau *springiness* berkaitan dengan seberapa cepat *marshmallow* kembali ke bentuk semula setelah diberikan tekanan yang menunjukkan keseimbangan antara elastisitas dan kelembutan. Sifat termal juga penting untuk diketahui terutama dalam aplikasi yang melibatkan pemanasan di mana *marshmallow* harus mempertahankan bentuknya tanpa meleleh secara berlebihan. *Mouthfeel* adalah sensasi yang dirasakan di mulut saat mengunyah, di

mana *marshmallow* yang baik harus terasa lembut, ringan, dan tidak terlalu lengket atau kasar (Mardani *et al.*, 2019).

2.2. Kacang Arab

Kacang arab (*Cicer arietinum*) atau dengan nama lain *chickpea*, *bengal gram* atau *garbanzo bean* merupakan salah satu jenis tanaman famili *fabaceae* yang banyak dibudidayakan di berbagai belahan dunia. Menurut data produksi biji-bijian secara keseluruhan, kacang arab menempati urutan ketujuh di antara semua tanaman kacang-kacangan penting dunia dengan rata-rata lebih dari 11,5 juta ton dengan sebagian besar dihasilkan di India (Merga *and* Haji, 2019). Luas lahan budidaya kacang arab di seluruh dunia lebih dari 12,5 juta hektar (Hevryk *et al.*, 2020).

Kacang arab sebagian besar ditanam di negara berkembang, di mana konsumsi lokal mencapai lebih dari 90% dari total produksi, dan hampir 70% dari produksi kacang arab dunia diproduksi dan dikonsumsi di sub-benua India, yang meliputi Pakistan, Bangladesh, dan Nepal. Negara lain yang memiliki produksi kacang arab signifikan termasuk Turki, Australia, Ethiopia, Iran, Meksiko, AS, dan Kanada (Arriagada *et al.*, 2022). Di Indonesia, kacang arab belum diproduksi secara lokal dan seluruh kebutuhan dalam negeri masih dipenuhi melalui impor. Permintaan terhadap kacang ini di Indonesia juga semakin bertambah seiring dengan meningkatnya konsumsi makanan vegan.

Kacang arab adalah tanaman musim dingin yang tahan dengan iklim kering.

Kacang arab juga merupakan tanaman herba tahunan yang bercabang dari pangkalnya. Tanaman ini hampir menyerupai semak kecil dengan banyak cabang, berdiri tegak atau menyebar, dengan tinggi mencapai 0,2-1 meter. Bagian tanaman kacang arab ditutupi oleh bulu halus dan memiliki kenampakan berwarna hijau.

Biji kacang arab berada di dalam suatu *single* atau *double pod* dan ketika biji sudah masuk ke dalam tahap matang, bagian *pod* dan seluruh tanaman akan mengering (Sajja *et al.*, 2017). Kenampakan tanaman dan biji dari kacang arab dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kenampakan tanaman dan biji kacang arab.
Sumber: Sajja *et al.* (2017)

Terdapat dua jenis kacang arab yang banyak dibudidayakan yaitu Desi dan Kabuli. Kedua jenis biji kacang arab tersebut dapat dibedakan berdasarkan ukuran dan warnanya. Kacang arab Kabuli berukuran lebih besar dan memiliki kulit biji berwarna krem, sedangkan kacang arab Desi memiliki kulit biji berwarna coklat gelap (Kaur *and* Prasad., 2021). Berat biji rata-rata dari varietas Desi adalah 0,1 hingga 0,3 g, sedangkan varietas Kabuli adalah 0,2 hingga 0,6 g (Jukanti *et al.*, 2012). Varietas Desi memiliki nilai energi 327 Kkal/100 g, sedangkan Kabuli memiliki 365 Kkal/100 g (Rosiak *et al.*, 2015). Komposisi nutrisi dari kacang arab disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi nutrisi kacang arab

Kandungan nutrisi	Nilai
Protein (%)	18,55
Karbohidrat (%)	56,30
Serat pangan (%)	6,49
Lemak (%)	7,01
Asam palmitat (%)	9,66
Asam oleat (%)	15,5
Asam linoleat (%)	53,94
Riboflavin (ug/100 g)	173,33
Thiamin (B1) (ug/100 g)	4,53
Niasin (B3) (ug/100 g)	1602,67
Zat besi (ug/100 g)	6,47
Kalsium (ug/100 g)	187,25
Mangan (ug/100 g)	115,53
Zink (ug/100 g)	3,12
Magnesium (ug/100 g)	2,41

Sumber: Kumari (2023)

Kacang arab adalah sumber pangan yang kaya akan protein dengan pencernaan tinggi serta semua asam esensial ada di dalam biji kacang arab. Kandungan

protein kacang arab berkisar antara 18-29% dan kandungan karbohidratnya ada antara 50-60% (Boukid, 2021). Antara dua varietas (varietas Desi dan Kabuli), terdapat perbedaan signifikan dalam kandungan proteinnya, di mana varietas Desi memiliki kandungan paling rendah (20,29%) (Ghribi *et al.*, 2015). Faktor genetik adalah faktor utama yang menyebabkan variasi kandungan protein antara varietas Kabuli dan Desi adalah 28 hingga 31% (Kabuli) dan 18 hingga 23% (Desi) (Kinfé *et al.*, 2015). Senyawa turunan protein yang ada di dalam kacang arab adalah globulin (53-60%), albumin (8-12%), promalin (3-7%), dan glutelin (18-24%) (Hall *et al.*, 2017).

Selain itu, kandungan beragam karbohidrat banyak ditemukan di dalam kacang arab. Karbohidrat meliputi pati berupa amilosa dan amilopektin, serat pangan berupa pektin (1,5-3,8%), selulosa (4-13%) dan hemiselulosa (3,5-8,8%), oligosakarida meliputi *ciceritol* (2,04-5,26%), *raffinose* (0,42-0,86%), *stachyose* (1,54-3,18%), dan *verbascose* (0,25-0,73%) (Jha *et al.*, 2024) serta monosakarida meliputi ribosa, galaktosa, fruktosa, dan glukosa (Jukanti *et al.*, 2012). Lipid dalam kacang arab hadir dalam jumlah kecil namun kaya akan asam linoleat dan asam oleat, yang mana kedua jenis asam lemak tak jenuh tersebut memiliki dampak signifikan untuk kesehatan (Hirdyani, 2014). Kacang arab juga dikenal sebagai sumber penting beragam vitamin seperti niasin, riboflavin, asam folat, thiamin, dan beta karoten serta mineral seperti Fe, Zn, Ca, Cu, dan Mn (Rezaei *et al.*, 2016; Srungarapu *et al.*, 2022).

Ciceritol merupakan senyawa khas yang ada di dalam kacang arab dan memiliki sifat fungsional yang cukup menarik. *Ciceritol* merupakan senyawa karbohidrat larut air yang termasuk ke dalam kelompok trisakarida atau oligosakarida namun dengan jalur sintesis khusus yang membuatnya disebut sebagai *pseudotrisaccharide*. Kacang arab mengandung Struktur kimianya melibatkan dua unit galaktosa yang berikatan dengan satu unit pinitol (metil-inositol). *Ciceritol* sering ditemukan dalam kacang-kacangan, seperti lentil, dan juga terdapat pada kacang arab dan air rebusannya yaitu *aquafaba*. Secara molekuler, *ciceritol* memiliki galaktopiranosil yang saling berikatan melalui ikatan glikosidik pada

posisi spesifik (1→6 dan 1→2), sementara pinitol berfungsi sebagai inti dari struktur ini (Huang *et al.*, 2024). Keberadaan *ciceritol* dalam kacang-kacangan dinilai cukup baik karena oligosakarida yang mengandung metil-inositol ini sering dilaporkan memiliki aktivitas biologis yang bermanfaat seperti potensi efek prebiotik yang dapat mendukung kesehatan usus dengan mendukung pertumbuhan bakteri baik (Zhang *et al.*, 2017).

Kacang arab juga dilaporkan memiliki banyak kandungan senyawa bioaktif berupa senyawa fenolik seperti asam fenolik, flavonoid, isoflavon serta saponin yang memiliki beragam aktivitas biologis termasuk antioksidan, antijamur, antibakteri, penghambatan ACE-1, hipokolesterolemik, antikanker, dan antiinflamasi. Selain itu, kacang arab juga dilaporkan memiliki pigmen karotenoid berupa lutein, zeaxanthin serta kanthaxantin yang dilaporkan bertanggung jawab atas sifat antikanker. Senyawa bioaktif lain yang ada di dalam kacang arab adalah GABA (*Gamma-Aminobutyric Acid*) yang diproduksi langsung oleh dekarboksilasi L-glutamat atau dengan mengubah α -ketoglutarat dan suksinat semialdehida yang dihasilkan oleh enzim GABA transaminase (Ferreira *et al.*, 2019). Kacang arab juga memiliki unsur anti nutrisi seperti tanin, inhibitor tripsin, hemaglutinin, dan asam fitat sehingga dapat menghambat penyerapan nutrisi penting dalam tubuh. Maka dari itu, diperlukan perlakuan pendahuluan pada saat proses pengolahan kacang arab untuk menurunkan senyawa anti-nutrisi tersebut, salah satunya melalui proses perendaman. Perendaman secara umum dapat mencuci dan melarutkan berbagai anti-nutrisi tersebut akibat timbulnya enzim-enzim *indigenous* dari proses fermentasi spontan (Kinfé *et al.*, 2015). Menurut penelitian Ertaş and Türker (2014), perendaman kacang arab dalam waktu 2 hingga 12 jam dapat menurunkan konsentrasi asam fitat dari 47,45% menjadi 55,71%.

Konsumsi kacang arab umumnya dilakukan dengan memanfaatkan bijinya sebagai bahan pangan utama. Kacang arab juga dominan didistribusikan bentuk kering dan mentah yang biasanya melibatkan beberapa langkah awal, seperti penyortiran, pembersihan, pengeringan dan pengemasan. Kacang arab juga dapat

diproses lebih lanjut menjadi berbagai produk pangan, seperti *hummus*, falafel, tepung kacang arab, dan berbagai produk olahan lainnya. Kacang arab dalam industri pangan juga sering digunakan sebagai bahan baku pengganti protein nabati untuk produk makanan vegan dan vegetarian (Kumari, 2023).

2.3. *Aquafaba* Kacang Arab

Aquafaba adalah cairan kental yang dihasilkan dari hasil rebusan kacang arab atau biji tanaman famili *Fabaceae* lainnya yang memiliki sifat fungsional sebagai *foaming agent*, *emulsifier*, dan *gelling agent* dalam berbagai aplikasi pengembangan produk pangan. Secara teknis, *aquafaba* merupakan *by-product* yang umumnya dibuang dan tidak digunakan namun masih mengandung berbagai senyawa gizi dan komponen bioaktif yang mirip dengan putih telur. *Aquafaba* sering digunakan sebagai pengganti putih telur dalam resep vegan karena memiliki sifat fisik yang serupa seperti kemampuan membentuk busa. Pemanfaatan *aquafaba* kacang arab ini juga dapat menjadi alternatif bahan makanan yang sehat, berlabel bersih, berbasis nabati, serta memiliki dampak positif karena dapat meminimalkan limbah dari pengolahan kacang-kacangan (Yazici *et al.*, 2022). Visual *aquafaba* kacang arab disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. *Aquafaba* kacang arab.
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Komponen utama *aquafaba* adalah karbohidrat larut air, senyawa bioaktif saponin serta protein bermolekul rendah (≤ 25 kDa) seperti albumin dan globulin yang bertanggung jawab dalam hal atribut busa, *surface-active*, dan viskositas yang dibutuhkan dalam berbagai aplikasi pangan. Secara umum, *aquafaba* banyak digunakan dalam pembuatan pangan seperti *meringue*, *mayonnaise*, *marshmallow* vegan, dan *mousse*, serta sebagai bahan pengganti telur dalam adonan kue.

Pengolahan *aquafaba* cukup sederhana yaitu terdiri dari beberapa langkah yaitu diawali dengan perendaman kacang arab untuk memberikan kesempatan air untuk berpenetrasi sehingga menurunkan waktu pemasakan, lalu penirisan air rendaman untuk mengurangi antinutrisi dan pemasakan kacang arab menggunakan air hingga cairannya menjadi kental (Lima *et al.*, 2024).

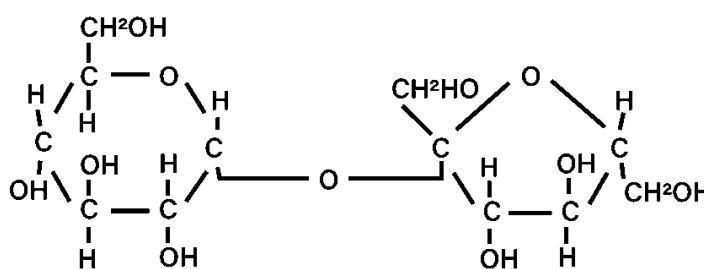
Aquafaba kacang arab saat ini semakin populer sebagai bahan alternatif dalam produk-produk bebas telur khususnya dalam sifat pembentukan busa dan emulsifikasi. Selama proses pemasakan, sekitar 5-8 g/100g dari total padatan dalam kacang arab pindah ke dalam *aquafaba* (Serventi *et al.*, 2018) dan komposisi kimianya berupa 1,2 g/100g karbohidrat dengan kelarutan air rendah, 0,04 g/100g karbohidrat dengan kelarutan air tinggi, 2,4 g/100g serat yang tidak larut, 1,0 g/100g protein, 0,6 g/100g abu, dan 4,5 mg/g saponin (Bird *et al.*, 2017; Stantiall *et al.*, 2018). Mustafa and Reaney (2020) menambahkan jika cairan *aquafaba* kacang arab memiliki kandungan air yang tinggi (92-95 g/100 g), protein (0,9-1,32 g/100 g), saponin (4,5-30 mg/g), senyawa fenolik (0,6 mg/g). Protein merupakan komponen penting dalam pembentukan busa dalam *aquafaba* karena protein beragregasi di antar muka udara, mengurangi tegangan permukaan, memungkinkan inkorporasi gelembung udara serta dapat membentuk lapisan kohesif dengan elastisitas yang cukup untuk menstabilkan busa. Polisakarida larut air disisi lain memiliki sifat pengental yang dapat mempertahankan air dan meningkatkan stabilitas busa dan emulsi dengan cara *gelling* atau memodifikasi viskositas fase air (Bouyer *et al.*, 2012).

2.4. Bahan Tambahan Pembuatan *Marshmallow*

2.4.1. Sukrosa

Sukrosa atau biasa dikenal dengan gula kristal putih merupakan suatu senyawa karbohidrat sederhana golongan disakarida yang terdiri dari dua molekul monosakarida, yaitu D-glukosa dan L-fruktosa yang diikat dengan ikatan α -1,2 glikosidik. Sukrosa memiliki Persamaan molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$, berat molekul 342,297 g/mol, memiliki karakteristik tidak berwarna, larut dalam pelarut polar

seperti air, memiliki titik lebur 180°C , indeks glikemik sebesar 65%, serta memiliki molekul berbentuk kristal (NCBI, 2024). Sukrosa dalam gula kristal putih banyak ditemukan dalam tanaman terutama pada tebu (*Saccharum officinarum*) dan umbi bit (*Beta vulgaris*) yang merupakan sumber utama gula komersial. Sukrosa atau gula kristal putih juga berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh karena dapat menyediakan 4 kkal setiap 1 gramnya (Fitri dan Fitriana, 2020). Sukrosa dalam bentuk gula kristal putih telah banyak di produksi oleh beberapa negara di dunia, salah satunya adalah Indonesia. Proses pengolahan sukrosa atau gula kristal putih diawali dengan beberapa tahapan sistematis dan umumnya dilakukan oleh suatu unit pabrik gula skala komersial. Tahapan tersebut diawali dengan proses pemerahan nira, pemurnian, evaporasi, kristalisasi, sentrifugasi, pengemasan dan penanganan produk akhir (Brilliantina dkk., 2023). Struktur molekul sukrosa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur kimia sukrosa.
Sumber: NCBI (2024)

Sukrosa memiliki ketersediaan yang melimpah di alam serta merupakan sumber pemanis murah yang sangat berperan dalam konsumsi harian serta dalam industri makanan dan minuman. Sukrosa atau gula kristal putih memiliki beragam fungsi dalam industri pangan seperti sebagai bahan baku pemanis pada banyaknya jenis pangan khususnya produk-produk *confectionery*/permen. Sukrosa yang ditambahkan ke dalam produk pangan dengan konsentrasi tinggi memiliki fungsi sebagai agen pengawet atau a_w depressor, hal tersebut dikarenakan kemampuan gula dalam menurunkan aktivitas air, menyerap kadar air bebas dan meningkatkan tekanan osmosis sehingga dapat mengurangi keberadaan mikroba patogen yang pada gilirannya dapat meningkatkan masa simpan produk. Selain itu, sukrosa juga memainkan peran penting dalam memberikan rasa pada makanan dengan

berinteraksi dengan komponen lain untuk meningkatkan atau mengurangi rasa tertentu (Efe and Dawson, 2022).

Sukrosa atau gula kristal putih juga dapat menjadi agen pewarna bagi produk pangan karena adanya reaksi *maillard* dan karamelisasi. Reaksi *maillard* terjadi akibat proses pemanasan antara gula reduksi hasil hidrolisis sukrosa dan asam amino dan menghasilkan pigmen warna coklat bernama melanosis dan senyawa-senyawa volatil lainnya yang bertanggung jawab dalam pembentukan rasa, aroma, dan warna pada produk-produk tertentu. Karamelisasi di sisi lain memiliki *output* akhir yang sama seperti reaksi *maillard* yaitu untuk meningkatkan aspek sensori dari produk pangan, namun reaksinya dapat terjadi ketika gula sukrosa terpapar suhu tinggi tanpa adanya keterlibatan dari asam amino. Selain itu, sukrosa dapat menjadi bahan pembentuk tekstur pada beragam jenis produk *confectionery*. Sifat molekul fungsional dari sukrosa yang biasanya ingin digunakan dalam produk-produk tersebut adalah sifat *amorphous* (*rubbery* dan *gooey*) serta *crystalline* (*solid*). Kedua sifat itu dapat dicapai dengan menginteraksikan sukrosa dengan air menyesuaikan dengan proses pelelehan dan pemasakannya. Ketika gula ditambahkan dalam jumlah yang cukup ke larutan air, sukrosa dapat memberikan perubahan sifat reologi dan fisik produk dengan meningkatkan viskositas, meningkatkan suhu didih, dan menurunkan suhu pembekuan (Zaitoun *et al*, 2019).

Sukrosa atau gula kristal putih juga memiliki peran dalam proses pembentukan salah satu produk *confectionery* berbasis busa seperti *meringue* dan *marshmallow*. Sukrosa dapat berikatan dalam jaringan busa sehingga dapat berperan sebagai penguat bentuk busa. Sukrosa umumnya ditambahkan pada saat busa yang berasal dari bahan berbasis protein seperti gelatin, putih telur ataupun *aquafaba* sudah mulai terbentuk. Sifat busa seperti *whipping index*, *index of foam durability* dan densitas spesifik akan meningkat seiring dengan penambahan sukrosa (Lekjing *et al.*, 2022). Sukrosa dapat memicu timbulnya gelembung ukuran kecil dan homogen serta memberikan sifat lentur dan elastis pada busa. Hal tersebut karena gula menginduksi pengurangan mobilitas air serta meningkatkan viskositas yang

disebabkan oleh banyaknya gugus -OH equatorial dari sukrosa sehingga dapat mencegah terjadinya drainase busa. Penambahan sukrosa juga dapat meningkatkan permukaan hidrofobik dan mengurangi tekanan permukaan pada busa berbasis protein yang menyebabkan meningkatnya kapasitas dan konsistensi busa (Sun *et al.*, 2022).

2.4.2. Sirup glukosa

Sirup glukosa adalah produk berupa cairan dengan viskositas tinggi campuran dari senyawa glukosa, maltosa dan jenis gula sederhana bernutrisi lain yang biasanya dibuat dari proses hidrolisis bahan baku berpati. Produk ini memiliki sifat sensoris yang tidak berwarna dan berbau, kental, bersifat hidroskopis atau tidak mudah mengkristal karena tingginya kandungan gula reduksi serta mudah larut dalam air. Sirup glukosa ataupun fruktosa merupakan bahan baku utama ataupun tambahan yang banyak dimanfaatkan dalam produksi manufaktur jus buah, es krim, produk minuman, *bakery*, *confectionery* atau permen, produk farmasi dan lain sebagainya. Umumnya, bahan baku mentah pembuatan sirup glukosa adalah dari pati jagung. Namun, karena permintaan akan sirup glukosa yang semakin tinggi, bahan baku jagung dapat digantikan dengan tanaman nonkonvensional yang memiliki kadar pati yang cukup tinggi seperti gandum, *millet* atau sorgum. Sirup glukosa juga umumnya merupakan pemanis pengganti *invert sugar* karena harganya yang relatif lebih murah (Simpson *et al.*, 2022).

Proses pembuatan sirup glukosa dilakukan dengan tahapan yang cukup kompleks. Umumnya, sirup glukosa diperoleh dari proses kimia yang bernama hidrolisis. Hidrolisis adalah proses dekomposisi ikatan kimia dalam suatu senyawa dengan menggunakan bantuan air. Ketika senyawa pati terhidrolisis, molekul pati akan terdegradasi menjadi komponen yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa, dan glukosa. Terdapat dua metode hidrolisis pati yaitu hidrolisis pati dengan asam dan hidrolisis pati dengan enzim (Ojewumi *et al.*, 2018).

Umumnya metode enzimatis lebih banyak dipakai karena dinilai lebih efisien dan menguntungkan dari segi keamanan dan biaya. Proses pembuatan sirup glukosa metode enzimatis diawali dengan persiapan bahan baku kemudian dilanjutkan dengan tahapan lanjutan berupa gelatinisasi bahan baku berpati, lalu dilanjutkan dengan proses likuifikasi untuk merubah pati menjadi dekstrin dengan bantuan enzim α -amilase. Tahap berikutnya yaitu proses sakarifikasi bertujuan untuk mengonversi dekstrin menjadi glukosa dengan bantuan enzim α -glukoamilase. Glukosa yang terbentuk selanjutnya akan masuk ke tahap pemurnian serta pemekatan yang terdiri dari tahap filtrasi, pemucatan, *ion exchanger* dan diakhiri dengan proses evaporasi (Ojewumi *et al.*, 2018).

Sirup glukosa merupakan bahan baku yang sangat diperlukan dalam pembuatan produk *soft confectionery*, hal tersebut dikarenakan jenis gula ini dapat mempengaruhi derajat kemanisan, viskositas, reologi, dan nilai nutrisi dari produk akhir. Sirup glukosa juga dalam pengolahan produk permen bertindak sebagai humektan, agen pengental dan penstabil busa. Sirup glukosa dalam pembuatan reologi produk permen lunak dapat meningkatkan kelarutan sukrosa dan memperlambat proses kristalisasi sukrosa sehingga umumnya kedua jenis pemanis tersebut diformulasikan bersama dengan proporsi yang berbeda-beda menyesuaikan dengan karakteristik produk akhir yang ingin dicapai (Tireki *et al.*, 2021).

2.4.3. Cream of tartar

Cream of tartar atau dikenal sebagai kalium bitartrat ($\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$) merupakan garam asam dari asam L-tartarat yang berasal dari produk sampingan dari proses pembuatan minuman *wine* di mana krim tartar mengkristal dan membentuk endapan di dasar tong *wine* selama fermentasi. *Cream of tartar* merupakan aditif yang diklasifikasikan oleh FDA sebagai aman untuk digunakan dalam makanan. Rasanya sedikit asam dan sering ditemukan dalam bentuk bubuk kristal putih kering. *Cream of tartar* memiliki banyak kegunaan, termasuk sebagai agen antikempal untuk mencegah pembentukan gumpalan dalam bahan bubuk, agen

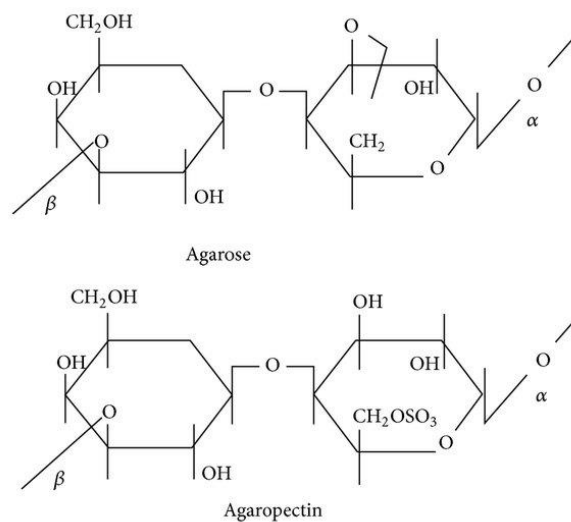
antimikroba untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme, agen pengembang dalam adonan, pengontrol pH, serta *stabilizer* dan pengental dalam berbagai produk makanan (NCBI, 2024).

Cream of tartar dalam dunia kuliner sering digunakan oleh para pembuat kue untuk membantu menciptakan puncak yang kaku (*stiff peak*) dalam pembuatan *meringue* dari putih telur atau *aquafaba* dan mencegah pembentukan kristal gula. Asam tartarat secara spesifik dapat menjadi *acid regulator* untuk memicu perubahan konformasi, diinduksi oleh pH asam yang mengekspos gugus hidrofobik dan kandungan sulfhidril yang mendorong agregasi protein. pH rendah dapat membentuk busa berbasis protein yang stabil dan ringan (Othmeni *et al.*, 2024). Lebih lanjut, *cream of tartar* juga digunakan sebagai bahan dalam pembuatan *frosting*, permen, selai dan sebagainya. Selain penggunaan kuliner, *cream of tartar* dapat digunakan sebagai agen pembersih, seperti untuk mengkilapkan peralatan, menghilangkan karat, dan mengatasi noda pada pakaian. Secara nutrisi *cream of tartar* mengandung sedikit kalori, karbohidrat, dan serat, tetapi kaya akan kalium, yang merupakan mineral penting bagi fungsi tubuh. Selain kalium, krim tartar juga mengandung sejumlah kecil mineral lain seperti kalsium, zat besi, magnesium, fosfor, natrium, dan seng (NCBI, 2024).

2.5. Agar

Agar adalah salah satu jenis *marine hydrocolloid* golongan polisakarida yang dihasilkan dari spesies rumput laut merah seperti *Gelidium sp.* dan *Gracilaria sp.*, yang telah lama digunakan dalam berbagai aplikasi industri khususnya di divisi pangan dan mikrobiologi sebagai media pertumbuhan mikroba. Secara kimiawi, agar terdiri dari dua komponen utama yaitu agarosa dan agaropektin. Agarosa merupakan bagian yang berperan penting dalam pembentukan gel, sementara agaropektin lebih kompleks dan memiliki berat molekul yang lebih rendah. Struktur dasar agarosa merupakan unit pengulangan antara *1,3-linked β -D-galactopyranose* dan *1,4-linked 3,6-anhydro- α -L-galactopyranose* atau *agarobiose* sedangkan agaropektin juga memiliki struktur yang sama dengan

agarosa namun terkadang cincin 3,6-anhydro- α -L-galactopyranose digantikan dengan L-galactose-6-sulphate atau dengan gugus metoksi atau purivat yang dapat mengurangi sifat gel polimer (Bertasa *et al.*, 2020). Struktur kimia agar disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur kimia agar.
Sumber: Varshosaz *et al.* (2015)

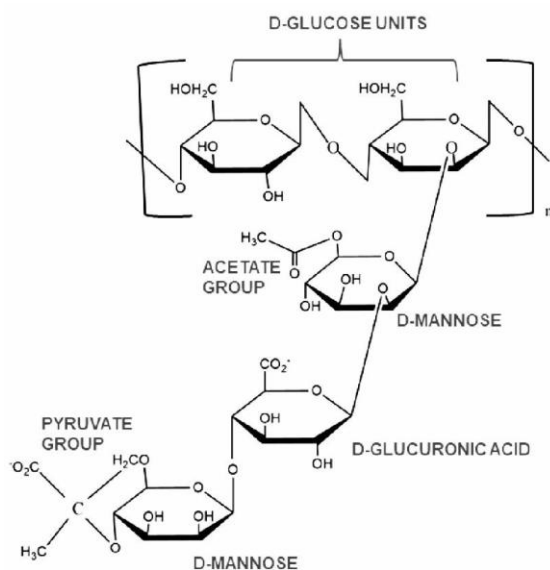
Gel yang dihasilkan oleh agar umumnya memiliki tekstur yang kokoh dan kaku. Agarosa dapat membentuk struktur heliks yang stabil melalui ikatan hidrogen dengan molekul air akibat adanya suhu panas sehingga memungkinkan terbentuknya transisi sol-gel dengan struktur jaringan tiga dimensi yang kokoh akibat proses pendinginan. Proses ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor termasuk suhu, konsentrasi agarosa, kandungan sulfat, dan keberadaan ion seperti kalsium yang dapat memperkuat gel tersebut (Ghebremedhin *et al.*, 2021). Proses ekstraksi agar melibatkan beberapa teknik, termasuk metode tradisional seperti pemanasan dengan air dan asam, serta metode modern seperti ekstraksi dengan tekanan tinggi dan perlakuan alkali. Ekstraksi dengan tekanan sering digunakan untuk meningkatkan hasil agar dari spesies rumput laut yang lebih keras, sementara metode perlakuan alkali digunakan untuk meningkatkan kemampuan gelasi dengan menghilangkan sebagian sulfat pada agarosa (Pandya *et al.*, 2022).

Aplikasi agar yang paling umum ditemukan di industri makanan adalah sebagai agen pembentuk gel (*gelling agent*). Penggunaannya meliputi produk makanan seperti *pudding*, yogurt, keju, dan berbagai makanan penutup. Agar memberikan tekstur yang kuat dan stabil serta tahan terhadap suhu yang bervariasi. Selain itu, agar juga digunakan sebagai bahan pengemulsi, pengental dan penstabil dalam berbagai produk seperti manakanan dan minuman. Selain perannya sebagai *gelling agent*, agar juga dapat digunakan sebagai penstabil busa dalam produk berbasis protein. Mekanisme stabilisasi busa ini melibatkan interaksi antara molekul agar dan protein yang membantu menjaga struktur busa, mencegah keruntuhan, dan memberikan stabilitas yang lebih lama. Penggunaan agar tidak terbatas di industri pangan tetapi mencakup aplikasinya dalam divisi kemasan *biodegradable*, nanoneknologi, farmasi, dan *photographic silkscreen printings* (Pandya *et al.*, 2022).

2.6. Xanthan Gum

Xanthan gum adalah jenis hidrokoloid hetero-eksopolisakarida anionik yang di ekstraksi dari bakteri *Xanthomonas campestris* dan diperoleh secara komersial melalui proses fermentasi. Produksi *xanthan gum* secara global dilaporkan melebihi 150.000 ton per tahun dan memiliki nilai sekitar \$0,4 miliar setiap tahunnya. Struktur *xanthan gum* terdiri dari *backbone* berbentuk *helix* β -(1 $\rightarrow$ 4) glukosa yang dihubungkan dengan rantai samping trisakarida yang terdiri dari residu asam glukuronat dan dua unit mannosia (β -d-mannopiranosil-(1,4)- α -d-glukopiranosil-(1,2)- β -d-mannopiranosil-6-O-asetat). Unit mannosia terminal dapat disubstitusi oleh residu asam piruvat, dan gugus asetat kerap hadir terhubung dengan mannosia bagian dalam. Rantai samping dan *backbone* dari *xanthan gum* ini diikat dan diperkuat oleh ikatan non-kovalen dan hidrogen. *Xanthan gum* memiliki berat molekul tinggi (sekitar $1-50 \times 10^6$ g/mol) hasil dari rangkaian proses fermentasi dan rantai sampingnya menyumbang sekitar 65% dari berat molekul yang sangat penting dalam sifat perubahan molekulnya (Nsengiyumva and Alexandridis, 2022). Sifat reologisnya yang luar biasa menjadikannya sebagai agen penstabil yang sangat berguna untuk sistem berbasis

air (Grisel *et al.*, 2015). Struktur kimia dari *xanthan gum* disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kimia *xanthan gum*.
Sumber: Jadav *et al.* (2023)

Xanthan gum dilaporkan memiliki banyak aplikasi di berbagai industri karena memiliki beberapa sifat luar biasa sebagai pengental, penstabil emulsi yang kuat dalam media asam, basa, dan garam, memiliki stabilitas termal yang cukup baik. Berbagai aplikasi tersebut meliputi industri makanan, medis dan farmasi, pembersih, pernis, produk pertanian, kertas, hingga pengeboran minyak. Secara spesifik, *xanthan gum* merupakan produk metabolit sekunder dari bakteri yang di produksi secara komersial melalui fermentasi *batch* di dalam bioreaktor khusus. Proses produksi dimulai dengan preparasi media, fermentasi secara aerobik, pemulihan *gum* dari substrat fermentasi secara presipitasi dan sentrifugasi, dan diakhiri dengan pencucian, pengeringan dan penghalusan untuk menghasilkan *xanthan gum* berbentuk serbuk putih (Chaturvedi *et al.*, 2021).

Xanthan gum memiliki sifat fisik yang cukup menarik. Kelarutan dari *xanthan gum* dilaporkan cukup tinggi baik dalam air dingin maupun panas, tetapi hampir tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik. *Xanthan gum* juga mempunyai viskositas yang sangat tinggi bahkan pada konsentrasi rendah tetapi masih mudah dituangkan dan dicampur. Viskositas dari *xanthan gum* secara spesifik ditentukan

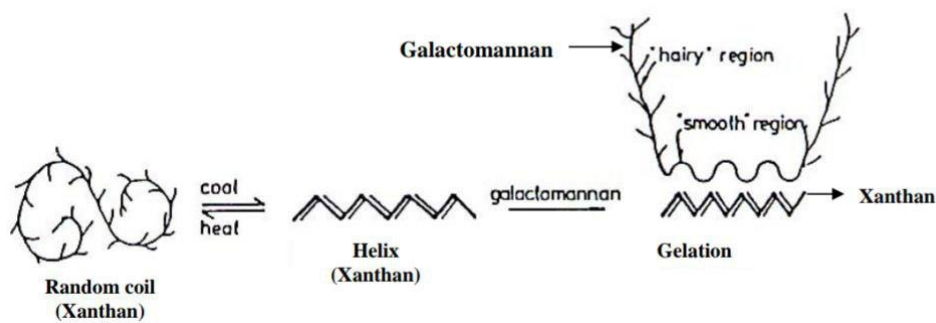
oleh suhu, konsentrasi biopolimer, jumlah garam, dan pH. *Xanthan gum* juga bersifat *shear thinning* yang berarti viskositasnya berkurang ketika larutan *xanthan* mengalami peningkatan gaya geser, seperti saat diaduk, dicampur, atau dipompa namun ketika gaya tersebut hilang, larutan kembali menjadi kental. Sifat ini sangat berguna dalam produk makanan karena memberikan beberapa manfaat dalam hal sensorik yang mana *xanthan gum* dapat membantu meningkatkan pengalaman rasa dan tekstur di mulut (Sharma *et al.*, 2014).

Sifat fungsional lain dari *xanthan gum* adalah kemampuannya dalam proses emulsifikasi, stabilisasi, dan suspensi yang sangat baik. *Xanthan gum* sebagai *thickening agent* dilaporkan sangat kompatibel berinteraksi dengan pengental yang ada di pasaran seperti turunan selulosa, pati, pektin, gelatin, dekstrin, alginat, karagenan atau *gum* lainnya. *Xanthan gum* juga bisa dikombinasikan dengan berbagai *gum* dalam proporsi yang dapat diubah. Performa fungsionalnya juga dapat meningkat setelah dimodifikasi dengan perlakuan enzimatis yang menghasilkan penghilangan residu galaktosa (Kuppuswami, 2014). Ketahanan tinggi terhadap pH dan termal juga merupakan sifat fisik terbaik dari *xanthan gum*. *Xanthan gum* memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan pH dalam rentang 2–12 yang membuatnya cocok diaplikasikan dalam beragam makanan. Selain itu, *xanthan gum* sangat tahan terhadap perubahan suhu, bahkan dalam kondisi kehadiran asam dan garam. *Xanthan gum* memiliki kemampuan beku-cair yang sangat baik, viskositas yang stabil hingga 100°C, dan bahkan setelah proses sterilisasi, viskositas tetap terjaga setelah pendinginan. Kandungan piruvat pada *xanthan gum* mempengaruhi stabilitas termalnya (Chaturvedi *et al.*, 2021).

Xanthan gum memiliki sifat fungsional sebagai penstabil busa dari protein nabati, yang dipengaruhi oleh viskositasnya yang tinggi. Protein memiliki karakter molekul hidrofobik dan hidrofilik yang berperan sebagai surfaktan aktif permukaan yang memiliki kemampuan sebagai *foaming agent* dan dapat berinteraksi dengan suatu polisakarida untuk membentuk kesetimbangan busa yang dihasilkan (Nguyet *et al.*, 2021). Menurut Rahmati *et al.* (2018), interaksi antara protein legum dan *xanthan gum* dapat menghasilkan emulsi minyak dalam

air (O/W) berlapis-lapis, sementara Lam *and* Nickerson (2013) menambahkan bahwa ikatan hidrogen dan gaya elektrostatis antara biopolimer protein dan polisakarida juga berperan dalam menstabilkan emulsi O/W. Secara umum, interaksi elektrostatis antara protein dan *xanthan gum* dapat dimanfaatkan dengan dua cara dalam stabilisasi emulsi. Pertama, teknik lapis demi lapis, di mana emulsi dibentuk pada pH di bawah titik isoelektrik (4,5) dan polisakarida diendapkan secara elektrostatis pada lapisan protein antarmuka. Kedua, pembentukan kompleks polielektrolit antara protein dan polisakarida sebelum proses emulsifikasi terjadi (Vélez-Erazo *et al.*, 2021). Selain itu, penambahan *xanthan gum* dilaporkan dapat meningkatkan sifat pembentukan busa dari isolat protein whey, albumin telur, dan protein kedelai, karena *xanthan gum* mampu membentuk jaringan matriks yang terintegrasi dan fleksibel dalam sistem pembusaan (Mardani *et al.*, 2019).

Xanthan gum menunjukkan interaksi sinergis dengan polisakarida keluarga *galactomannan* seperti *guar gum*, *locust bean gum*, *tara gum*, dan *konjac glucomannan* (Poret *et al.*, 2020). Mekanisme interaksi antar kedua hidrokoloid ini tergantung pada bentuk dasar *backbone xanthan gum*. *Xanthan gum* memiliki dua bentuk *backbone* yaitu bentuk teratur dan tidak teratur. Bentuk yang tidak teratur dalam *xanthan gum* merupakan bentuk yang lebih fleksibel dan dapat berikatan langsung dengan *galactomannan* melalui interaksi *backbone to backbone* sedangkan bentuk *backbone xanthan gum* yang teratur dapat interaksi melalui rantai samping (Wang *et al.*, 2023). Interaksi sinergisme yang terjadi melibatkan pengikatan *unsubstituted smooth region galactomannan backbone* dari *guar gum* dengan permukaan *5-fold helix xanthan gum* bentuk teratur. Interaksi ini dapat menghasilkan peningkatan viskositas atau pembentukan gel tergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu dan pH. Pengikatan ini memungkinkan terciptanya struktur jaringan yang lebih kuat dalam campuran, sehingga meningkatkan stabilitas dan reologi dalam aplikasi seperti makanan, farmasi, atau kosmetik (Ghebremedhin *et al.*, 2020). Skema interaksi antara *xanthan gum* dan senyawa *galactomannan* disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Interaksi sinergisme antara *xanthan gum* dan *galactomannan*.
Sumber: Khouryieh *et al.* (2006); Liu *et al.* (2020)

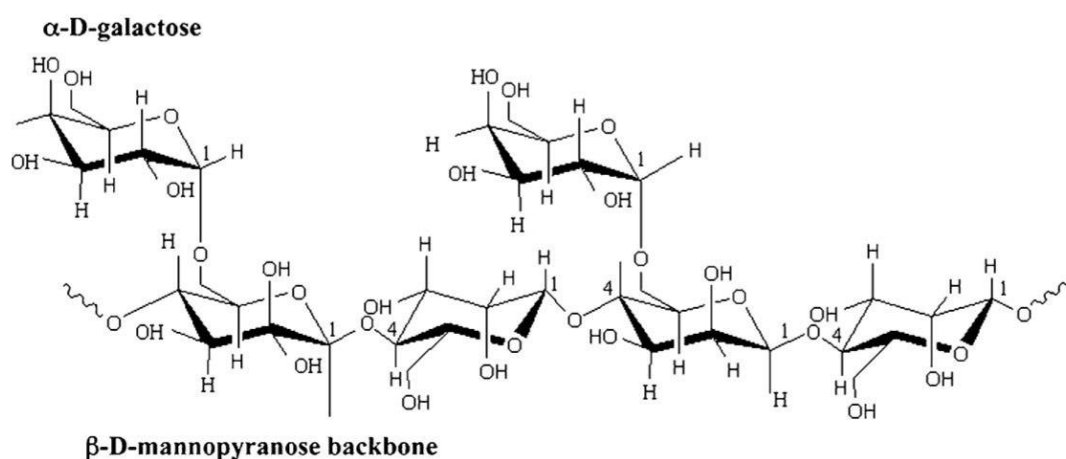
2.7. Guar Gum

Guar gum adalah hidrokoloid jenis polisakarida anionik keluarga *galactomannan* yang berasal dari endosperma biji dari tanaman *guar* (*Cyamopsis tetragonoloba*). *Guar gum* umumnya banyak di kultivasi di negara India dan Pakistan. *Guar gum* umumnya dipakai dalam bentuk serbuk sebagai bahan aditif peningkat viskositas dalam industri makanan, farmasi, kertas, tekstil, bahan peledak, pengeboran sumur minyak, dan kosmetik. *Guar gum* kerap kali disukai dan dipakai dalam aplikasi industri karena sifatnya yang alami, murah, stabil di berbagai rentang pH, serta kemampuannya membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Maka, *guar gum* umumnya digunakan sebagai agen pengental, pengikat, dan penstabil (Thombare *et al.*, 2016). Proses pembuatan serbuk *guar gum* umumnya telah dilakukan dalam skala komersial. Tahapan pengolahannya diawali dengan penghilangan *germ* atau benih dari biji, lalu masuk ketahapan penghilangan *husk* atau kulit luar dengan perlakuan pemanasan, kemudian bagian endosperma biji *guar* di ambil. Endosperma biji *guar* nantinya akan masuk ke proses *milling* atau diolah menjadi bubuk (dikenal sebagai *guar gum*) melalui berbagai metode dan teknik pengolahan, tergantung pada produk akhir yang diinginkan (Mudgil *et al.*, 2014).

Endosperma biji *guar* adalah sumber *gum* yang larut dalam air yang digunakan sebagai penstabil, pengemulsi, dan pengental dalam berbagai produk makanan, serta berkontribusi pada *Soluble Dietary Fiber* (SDF) dari *Total Dietary Fiber* (TDF) biji. TDF dan SDF biji *guar* masing-masing membentuk 52–58% dan 26–

32% dari berat kering biji. Sebagai bahan aditif makanan, *guar gum* dapat mengemulsi, mengikat air, mencegah kristal es dalam produk beku, menghidrasi, mengentalkan, menstabilkan, dan menanggulangi banyak sistem cairan-padat. *Guar gum* digunakan dalam pengolahan produk seperti es krim, saus, campuran kue, keju oles, minuman buah, dan salad dressing biasanya dalam jumlah <1% dari berat makanan (Mudgil *et al.*, 2014).

Secara morfologis, biji *guar* terdiri dari beberapa lapisan, yaitu kulit luar (16–18%), germen (43–46%), dan endosperma (34–40%). Bagian lembaga dari biji ini sebagian besar terdiri dari protein, sementara endosperma sebagian besar terdiri dari *galactomannan*. *Guar gum* terutama terdiri dari polisakarida berat molekul tinggi sekitar 10^3 kDa yang merupakan rantai linier dari unit β -D-mannopyranosyl yang terhubung (1→4) dengan residu α -D-galactopyranosyl serta terhubung (1→6) sebagai rantai samping. Kelompok gula sederhana galaktosa dan mannosa merupakan monomer yang membentuk *galactomannan* dengan rasio unit mannosa terhadap galaktosa dilaporkan yaitu 2:1. Percabangan yang lebih besar pada *guar gum* diyakini bertanggung jawab atas kemudahan dalam sifat hidrasi, aktivitas ikatan hidrogen yang lebih tinggi sehingga dapat mempengaruhi perilaku viskoelastis larutan (Mudgil *et al.*, 2014). Struktur kimia dari *guar gum* disajikan dalam Gambar 8., dan komposisi umum *guar gum* disajikan pada Tabel 4.



Gambar 8. Struktur kimia *guar gum*.
Sumber: Mudgil *et al.* (2014)

Tabel 4. Komposisi kimia *guar gum*.

Konstituen	Persentase (%)
<i>Galactomannan</i>	75-85
Kadar air	8,0-14
Protein (N x 6,25)	5,0-6,0
Serat	2,0-3,0
Kadar abu	0,5-1,0

Sumber: Chudzikowski (1971) dalam Mudgil *et al.* (2014)

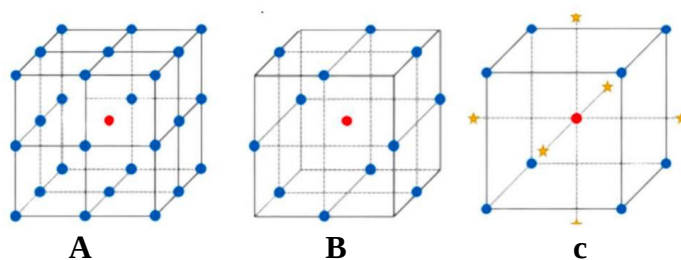
Guar gum memiliki sifat fisiko-kimia yang sangat unik. *Guar gum* dalam larutan cair memperlihatkan sifat reologi berupa perilaku *shear-thinning* atau terjadi penurunan viskositas dengan meningkatnya *shear rate*. Perilaku *shear-thinning* dari larutan *guar gum* dalam air meningkat seiring dengan konsentrasi polimer dan berat molekulnya. Karakteristik lain yang paling signifikan dari *guar gum* adalah kemampuannya untuk cepat terhidrasi dalam sistem air dingin sehingga menghasilkan larutan yang sangat kental. Dispersi air 1% dari *guar gum* dilaporkan memiliki kualitas baik karena dapat memberikan nilai viskositas tinggi sebesar 10.000 cP. Konsentrasi 1% penambahan *guar gum* dinilai menjadi ukuran yang direkomendasikan dalam penggunaannya pada industri pangan untuk mendapatkan karakteristik reologi yang optimal seperti meningkatkan sifat tiksotropik (Dangi *et al.*, 2022).

Seperti jenis gum lainnya, viskositas dan laju hidrasi *guar gum* tergantung pada waktu, suhu, konsentrasi, pH, kekuatan ionik, dan juga pada jenis pengadukan. Laju solubilitas *guar gum* dan pengembangan viskositas umumnya meningkat dengan penurunan ukuran partikel, penurunan pH, dan peningkatan suhu. Laju hidrasi berkurang jika *guar gum* dihadapkan dengan molekul garam yang terlarut dan agen pengikat air lainnya seperti sukrosa (Mudgil *et al.*, 2014). Lebih lanjut, *guar gum* ternyata juga memiliki kemampuan dalam menstabilkan busa yang berasal dari bahan dasar protein sehingga dapat meningkatkan karakteristik produk seperti *meringue* ataupun produk turunannya. Hal tersebut disebabkan karena hidrokoloid golongan *galactomannan* diketahui menunjukkan beberapa aktivitas adsorpsi antarmuka dan telah terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas busa (Li *et al.*, 2023).

2.8. Response Surface Methodology

Response Surface Methodology (RSM) merupakan model statistik yang diperkenalkan pada tahun 1950-an oleh George E.P. Box dan K.B. Wilson. Metode ini memanfaatkan serangkaian eksperimen untuk mendapatkan respon optimal yang dipengaruhi oleh berbagai variabel. RSM merupakan alat optimasi matematis dan statistik yang menganalisis hubungan antara faktor dan respons (Chen *et al.*, 2022). Keunggulan RSM terletak pada kemampuannya menghasilkan output yang dapat diandalkan tanpa memerlukan banyak eksperimen, karena permukaan respons dapat dikembangkan melalui penyesuaian hasil uji pada sejumlah titik sampel yang terbatas. Pendekatan RSM dimulai dengan menentukan respon atau output dari suatu pengaturan eksperimen, di mana parameter-parameter yang terkait juga harus ditetapkan. Respon rata-rata yang dihasilkan merupakan fungsi yang belum diketahui, dan bergantung pada parameter-parameter yang dipertimbangkan dalam eksperimen (Koocheki *et al.*, 2020).

Tujuan utama RSM adalah menemukan respon rata-rata yang membentuk permukaan respons ketika di plot. Maka dari itu, RSM memperkenalkan berbagai desain eksperimen yang di umumnya disebut sebagai *Design of Experiment* (DoE) guna menentukan respon berdasarkan data masukan. Perbedaan dalam DoE ditentukan oleh pemilihan titik-titik dimana respon diukur. Tiga desain eksperimen yang umum digunakan adalah *Full Factorial Design* (FFD), *Box-Behnken Design* (BBD), dan *Central Composite Design* (CCD) (Yolmeh and Jafari, 2017) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Model *response surface methodology* (a) FFD, (b) BBD, dan (c) CCD. Sumber: Chen *et al.* (2022).

Full Factorial Design (FFD) memiliki kegunaan untuk mengumpulkan banyak informasi mengenai efek utama dengan jumlah percobaan yang relatif sedikit. Namun, FFD kurang tepat untuk mengungkap interaksi antar faktor dan justru memerlukan jumlah percobaan terbanyak dibandingkan desain lainnya. Sebaliknya, *Box-Behnken Design* (BBD) efektif dalam mengevaluasi interaksi antar faktor, meskipun tidak ideal untuk mempelajari faktor dengan lebih dari tiga level. Oleh karena itu, BBD cukup memadai untuk mengevaluasi proses tanpa titik ekstrim dan membutuhkan jumlah percobaan paling sedikit. Sementara itu, *Central Composite Design* (CCD) dapat digunakan secara efisien untuk membangun model orde kedua, sehingga cocok untuk mempelajari faktor dengan tiga hingga lima level (Chen *et al.*, 2022). Serangkaian eksperimen dilakukan untuk menentukan respon rata-rata berdasarkan model yang dipilih (Azizah, 2024). Model paling sederhana dalam RSM didasarkan pada fungsi linear seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{1 \leq i < j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad \dots\dots(1)$$

Berdasarkan persamaan 2., y merupakan prediksi respons, β_0 adalah intersep model, β_i merupakan koefisien linear, dan x_i menggambarkan level variabel independen. Karena respons yang diperoleh dari fungsi linear tidak menunjukkan kelengkungan, model orde kedua digunakan untuk mengevaluasi adanya kelengkungan tersebut. Persamaan polinomial orde kedua diterapkan untuk menilai respons, dengan regresi berganda digunakan untuk penyesuaian data. Melalui pendekatan ini, pengaruh variabel independen—baik secara linear, kuadrat, maupun interaktif—terhadap variabel dependen dapat ditentukan dengan (Azizah, 2024). Persamaan polinomial kuadrat yang menggambarkan hubungan matematis antara variabel terikat (respons) dan variabel bebas diuraikan pada Persamaan 3. Berdasarkan persamaan 3, y mewakili prediksi respons, β_0 adalah suku konstan, β_i adalah koefisien regresi linear, β_{ii} adalah koefisien regresi

kuadrat, x_i menunjukkan level variabel independen, dan β_{ij} adalah koefisien regresi interaktif (Azizah, 2024).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon \quad \dots\dots(2)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Pengujian, Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung pada bulan Desember 2024 hingga Maret 2025.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini antara lain kacang arab mentah kering yang didapatkan dari *e-commerce* merk *madu_belal.official shop*, agar merk *swallow globe*, *xanthan gum* merk *deosen*, *guar gum* merk *premcem gums*, gula sukrosa merk *gulaku*, sirup glukosa DE 75 merk *sweetfoodsupply*, *cream of tartar* merk *koepoe-koepoe*, ekstrak vanilla merk *star jasmine*, minyak kanola merk *bumboo*, gula halus merk *rosebrand*, pati jagung merk *maizenaku*, gelatin merk *hakiki* dan air. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk keperluan analisis antara lain adalah akuades, reagen *Luff-Schroorl*, Na_2CO_3 , KI 20%, H_2SO_4 25%, NaOH 30%, HCl 25%, Pb-asetat, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 10%, Na-Thiosulfat 0,1 N, NaOH 25%, batu didih, indikator metil merah-metil biru, indikator larutan kanji/pati 0,5%, K_2SO_4 , CuSO_4 , NaOH 40%, HCl 0,1 N dan H_3BO_3 jenuh.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi timbangan analitik, baskom, panci listrik, kompor, panci, sendok, spatula, wadah mangkuk plastik, sendok, *stainless steel strainer*, mangkuk, *stand mixer* merk *Philips HR-1559*, cetakan *box container* plastik 1300 mL, pisau, dan *zipper bag* plastik, *cling wrap*. Alat-alat

yang digunakan untuk analisis karakteristik fisik, kimia, dan sensori *marshmallow* adalah termometer, gelas ukur, gelas Beaker ukuran 100 mL dan 250 mL, corong, kertas saring, kondensor, konektor kondensor, cawan porselen, oven, tanur, *hot plate*, nampan *stainless steel*, Erlenmeyer 500 mL, labu ukur 100 mL dan 250 mL, desikator dan gel silika, tang krusibel, neraca analitik, pemanas listrik, dehidrator, buret, labu *Kjeldahl* ukuran 100 mL dan 500 mL, *Texture Analyzer Brookfield* CT-3, dan seperangkat alat uji sensori (delapan piring kecil, empat nampan kuesinoer, dan pena)

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode permukaan respons atau *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain struktural yang bernama *Central Composite Design* (CCD) dalam *software Design Expert* 13. RSM adalah kombinasi dari teknik statistik dan matematika digunakan dalam membuat model dan menganalisa suatu respon yang dipengaruhi beberapa variabel dengan tujuan mengoptimalkan respon dalam suatu proses. CCD adalah desain RSM yang paling umum digunakan karena dapat menganalisis model kuadrat orde kedua dengan tingkat akurasi tinggi sekaligus meminimalkan jumlah percobaan yang diperlukan (Nainggolan *et al.*, 2023). Penelitian ini menggunakan 3 variabel independen atau variabel bebas yaitu konsentrasi agar, konsentrasi *xanthan gum*, dan konsentrasi *guar gum* sebagai *gelling agent* pada pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab pada 5 level ($-\alpha$, -1, 0, +1, dan $+\alpha$). Rentang variabel independen dan levelnya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *design summary of Response Surface Methodology*

Central Composite Design	Total		Total
<i>Factors</i>	3	<i>Replicate</i>	1
<i>Base runs</i>	20	<i>Total runs</i>	20
<i>Blocks</i>	3	<i>Total blocks</i>	3
Point Types			
<i>Cube points</i>	8		
<i>Center points in cube</i>	6		
<i>Axial points</i>	6		
<i>Center points in axial</i>	0		

Desain eksperimen ini terdiri dari 20 percobaan yang dijalankan ($2^k + 2K + cp$) di mana K adalah jumlah faktor dan cp adalah jumlah replikasi titik pusat (*center point*). *Central Composite Design* (CCD) dengan 3 variabel bebas memiliki nilai rotabilitas yaitu $(\alpha) = (2^3)^{1/4} = 1,68179 \approx 1,682$. Oleh karena itu, nilai $\pm 1,682$ termasuk nilai yang digunakan untuk pengkodean pada saat proses analisis data. RSM metode desain CCD menghasilkan 20 satuan percobaan dengan 8 titik faktorial, 6 titik aksial, dan 6 titik pusat (Karlina, 2024). Faktor, variabel, dan taraf variabel RSM secara faktorial 2^3 pada percobaan penelitian ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Faktor, variabel, dan taraf variabel RSM secara faktorial 2^3 pada proses pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab

No	Faktor	Variabel	Taraf Variabel				
			$-\alpha - 1,682$	Rendah -1	Tengah 0	Tinggi +1	$+\alpha + 1,682$
1	Konsentrasi Agar (%) (b/v)	A	1,97	3	4,5	6	7,02
2	Konsentrasi <i>Xanthan Gum</i> (%) (b/v)	X	-0,18	0,5	1,5	2,5	3,18
3	Konsentrasi <i>Guar Gum</i> (%) (b/v)	G	-0,18	0,5	1,5	2,5	3,18

Keterangan:

$$\alpha = \sqrt[4]{2^k} \quad \pm 1,682 = \frac{X - \text{Nilai tengah}}{\text{Selisih taraf}}$$

k = jumlah faktor atau variabel bebas

Maka, $\alpha = \sqrt[4]{2^3} = 1,682$

Konsentrasi agar yang digunakan yaitu 3%, 4,5%, dan 6% (b/v), konsentrasi *xanthan gum* yang digunakan yaitu 0,5%, 1,5%, dan 2,5% (b/v), dan konsentrasi *guar gum* yang digunakan yaitu 0,5%, 1,5%, dan 2,5% (b/v). Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3. Respon pada penelitian ini yaitu kadar air, kadar abu, densitas, *hardness*, *cohesiveness*, *gumminess*, *springiness*, dan *chewiness*. Respon yang diperoleh, dilakukan sidik ragam untuk melihat kesesuaian model, *lack of fit*, dan nilai determinasinya

dengan menggunakan program *Design Expert* 13. Data hasil respon dianalisis karakteristik permukaan respon dengan menentukan grafik respon interaksi antar faktor dalam bentuk plot *contour plot* dua dimensi atau respon permukaan tiga dimensi (*3D response surface*) (Febriati, 2018).

Tabel 7. Desain percobaan 2^3 faktorial dengan 3 variabel bebas

Run	Taraf Variabel			Level Variabel		
	A	B	C	A	B	C
1	1	1	1	6	2,5	2,5
2	-1	1	1	3	2,5	2,5
3	-1	-1	1	3	0,5	2,5
4	1	-1	1	6	0,5	2,5
5	1	-1	-1	6	0,5	0,5
6	-1	1	-1	3	2,5	0,5
7	1	1	-1	6	2,5	0,5
8	-1	-1	-1	3	0,5	0,5
9	-1,68	0	0	1,97	1,5	1,5
10	1,68	0	0	7,02	1,5	1,5
11	0	1,68	0	4,5	3,18	1,5
12	0	-1,68	0	4,5	-0,18	1,5
13	0	0	-1,68	4,5	1,5	-0,18
14	0	0	1,68	4,5	1,5	3,18
15	0	0	0	4,5	1,5	1,5
16	0	0	0	4,5	1,5	1,5
17	0	0	0	4,5	1,5	1,5
18	0	0	0	4,5	1,5	1,5
19	0	0	0	4,5	1,5	1,5
20	0	0	0	4,5	1,5	1,5

Keterangan:

A = Konsentrasi Agar (% b/v)

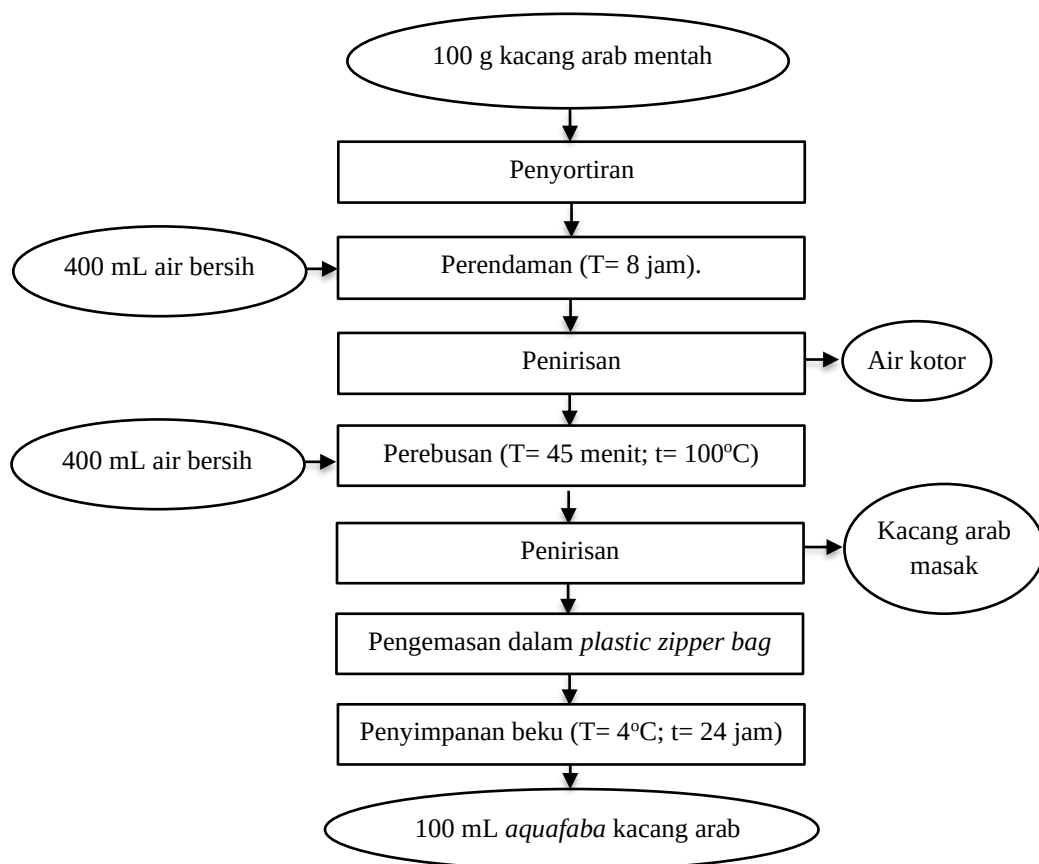
B = Konsentrasi *Xanthan Gum* (% b/v)

C = Konsentrasi *Guar Gum* (% b/v)

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan *aquafaba* kacang arab

Pembuatan *aquafaba* dari kacang arab ini mengacu pada prosedur Nguyet *et al.* (2021). Kacang arab kering mentah sebelumnya harus disortir terlebih dahulu untuk memisahkan kacang arab yang memiliki mutu kurang baik. Kacang arab kering sebanyak 100 g direndam dalam 400 mL air bersih selama 8 jam. Setelah itu, kacang arab ditiriskan dan dimasak dalam air dengan rasio bahan dan air yaitu 1 : 4 (b/b) selama 45 menit. Air masakan kacang arab atau *aquafaba* kemudian didinginkan hingga suhu ruang sekitar 29°C dan disaring dari kacang arab masak menggunakan saringan *stainless steel*. *Aquafaba* kemudian dikemas dalam *plastic zipper bag* dan disimpan di dalam *freezer* pada suhu 4°C hingga siap digunakan dalam rangkaian proses pengolahan selanjutnya. Diagram alir pembuatan *aquafaba* kacang arab disajikan pada Gambar 10.



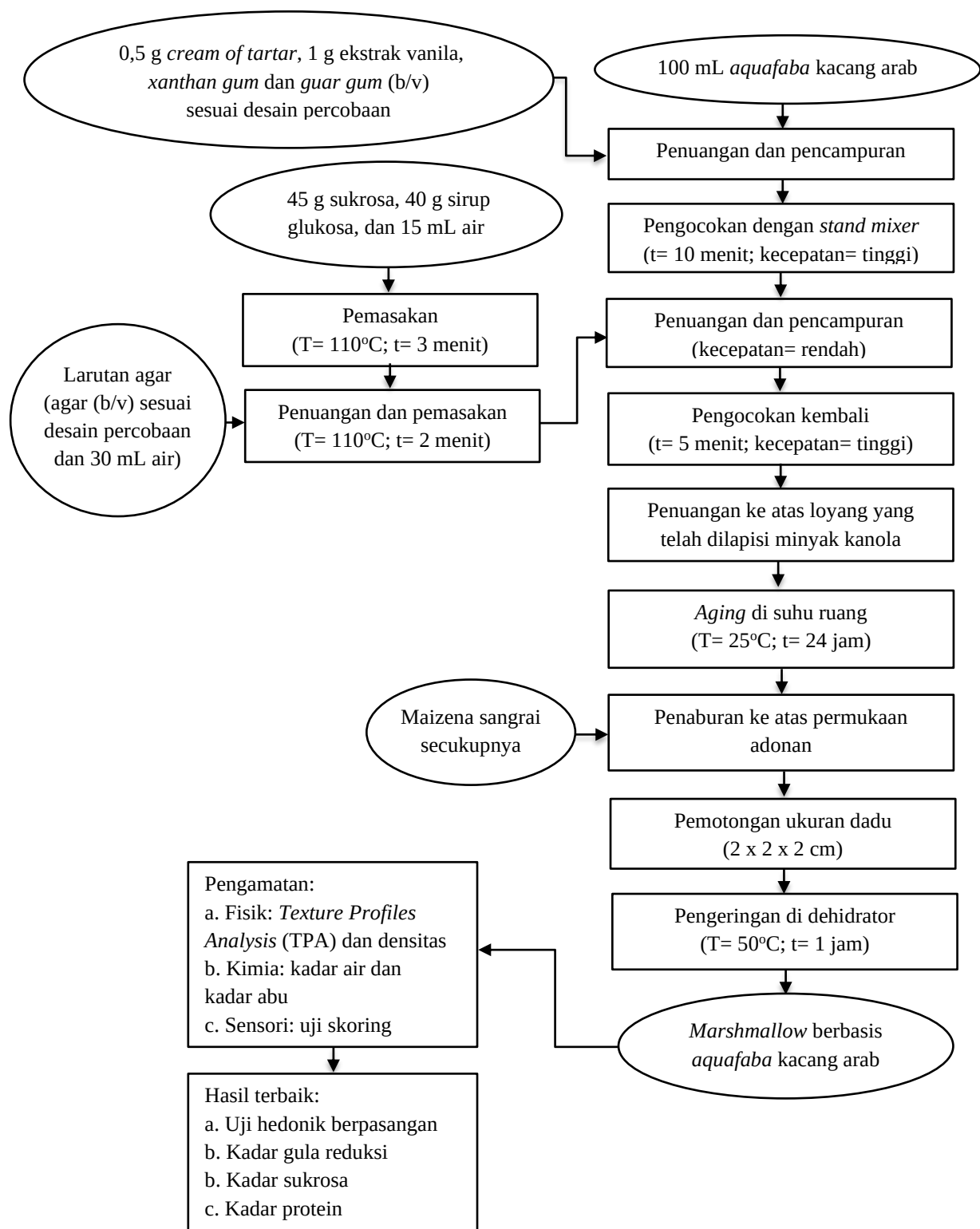
Gambar 10. Diagram alir proses pembuatan *aquafaba* kacang arab.
Sumber: Nguyet *et al.* (2021)

3.4.3. Pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* dengan penambahan agar, *xanthan gum*, dan *guar gum*

Pembuatan produk *marshmallow* berbahan dasar *aquafaba* kacang arab mengacu pada Febryanti (2022) yang telah dimodifikasi. Proses pembuatan diawali dengan melakukan *thawing* pada *aquafaba* beku di suhu ruang (29°C) hingga benar-benar meleleh. *Aquafaba* pasca *thawing* sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam wadah. *Cream of tartar* sebanyak 0,5 g, *xanthan gum* dan *guar gum* sesuai dengan desain percobaan (b/v) dari volume *aquafaba* juga ditambahkan kedalam wadah berisi *aquafaba* lalu di kocok menggunakan *stand mixer* selama 10 menit hingga mencapai tekstur *stiff peak*. Setelah itu, agar sesuai dengan desain percobaan (b/v) dilarutkan dengan air bersih sebanyak 30 mL hingga terlarut sempurna.

Sukrosa sebanyak 45 g dan sirup glukosa sebanyak 40 g di masak dengan air sebanyak 15 mL hingga suhu mencapai 115°C selama 3 menit. Larutan agar kemudian ditambahkan ke dalam larutan gula dan di masak kembali selama 2 menit. Lebih lanjut, adonan busa *aquafaba* kembali di *mixer* dengan kecepatan rendah dan bersamaan dengan itu, larutan berisi kedua jenis gula dan agar dituangkan ke dalam wadah berisi adonan busa *aquafaba* secara perlahan dan dicampur hingga homogen pada kecepatan rendah. Setelah seluruh larutan sudah sepenuhnya masuk di dalam *mixer*, kecepatan *mixer* lalu dinaikkan ke kecepatan tinggi dan di *mixer* kembali selama 5 menit.

Adonan busa yang telah terbentuk lalu dituang ke atas cetakan *box container* ukuran 1300 mL yang dioles dengan minyak kanola. Adonan *marshmallow* didiamkan di suhu ruang yaitu 25°C selama 24 jam. Adonan *marshmallow* yang telah *set* kemudian dipindahkan ke nampan dan ditaburi kembali dengan maizena sangrai. *Marshmallow* kemudian dipotong berbentuk dadu dengan dimensi 2 x 2 x 2 dan dilakukan pengeringan menggunakan dehidrator dengan suhu 50°C selama 1 jam. Sampel *marshmallow* kemudian dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Diagram alir preparasi pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* dengan penambahan agar disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram alir pembuatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab dengan penambahan agar, *xanthan gum*, dan *guar gum*.

Sumber: Febryanti (2022) yang telah dimodifikasi

3.5. Pengamatan

Pengamatan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab dengan penambahan agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* meliputi analisis sifat kimia berupa pengujian kadar air dan kadar abu, analisis fisik berupa densitas dan *texture profile analysis* (TPA) menggunakan *texture analyzer* berupa parameter *hardness*, *cohesiveness*, dan *gumminess*, dan analisis sensori dilakukan dengan metode skoring meliputi parameter derivasi tekstur berupa *springiness* dan *chewiness*. *Marshmallow* dengan hasil optimum kemudian dilakukan analisis sifat kimia berupa penentuan kadar gula reduksi, kadar sukrosa, dan kadar protein serta analisis sensori uji hedonik berpasangan dengan parameter tampilan, tekstur, *flavour*, *mouthfeel*, dan penerimaan keseluruhan.

3.5.1. Analisis kimia

3.5.1.1. Kadar air

Kadar air dalam *marshmallow* dianalisis menggunakan metode termogravimetri dan didapatkan dengan menghitung berdasarkan berat yang hilang selama proses pemanasan dalam oven (105 ± 2)°C (BSN 3547, 2008). Pengujian kadar air dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Cawan porselen dikeringkan pada oven (105 ± 2)°C selama 1 jam lalu didinginkan dalam desikator 15-20 menit kemudian dilakukan penimbangan. Selanjutnya, 5 g sampel *marshmallow* ditimbang dan dimasukkan dalam cawan porselen yang telah diketahui berat konstan. Cawan yang telah berisi sampel dimasukkan kembali dalam oven suhu (105 ± 3)°C selama 3 jam. Setelah itu, cawan didinginkan kembali dalam desikator selama 15-20 menit dan dilakukan penimbangan. Proses pemanasan kembali dilakukan selama 1 jam dan dilakukan pengulangan sampai didapatkan berat konstan. Pengukuran kadar air dihitung dengan Rumus 3.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W1 - W2}{W1 - W0} \times 100\% \quad \dots\dots(3)$$

Keterangan:

W0 = Bobot cawan kosong (g)

W1 = Bobot cawan + sampel sebelum pengeringan (g)

W2 = Bobot cawan + sampel setelah pengeringan (g)

3.5.1.2. Kadar abu

Pengujian kadar abu pada penelitian ini menggunakan metode pengabuan kering atau termogravimetri (BSN 3547, 2008). Pengujian kadar abu dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengabuan dilakukan dengan mengabukan bahan-bahan organik yang dipecah menjadi air (H₂O) dan karbondioksida (CO₂), namun zat anorganik (abu) tidak hilang. Cawan porselen disiapkan lalu dikeringkan dalam oven pada (105 ± 2)°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15-20 menit dan ditimbang. Sampel sebanyak 2 g ditimbang dalam cawan, lalu cawan beserta sampel dipijarkan di atas pemanas listrik sampai tidak mengeluarkan asap lagi. Cawan dimasukan ke dalam tanur dengan suhu 550°C selama 5 jam sampai terbentuk abu berwarna putih. Cawan didinginkan dalam desikator selama 15-20 menit. Pengukuran kadar abu dihitung dengan Rumus 4.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{W2 - W0}{W1} \times 100\% \quad \dots\dots(4)$$

Keterangan:

W0 = Berat cawan kosong (g)

W1 = Berat sampel sebelum pengabuan (g)

W2 = Berat cawan + sampel setelah pengabuan (g)

3.5.1.3. Kadar protein

Kandungan protein pada *marshmallow* dianalisis dengan metode *Kjeldahl* (Soedarmadji dkk., 1997). Pengujian kadar protein dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Sampel *marshmallow* sebanyak 1 g ditimbang menggunakan timbangan analitik, lalu 7 g K₂SO₄, 12 mL H₂SO₄, dan 0,8 g CuSO₄

dimasukkan ke dalam labu *Kjeldahl* ukuran 100 mL. Selanjutnya, larutan di destruksi di atas *Kjeldahl digestion mantle* selama 1 - 1,5 jam hingga larutan berwarna biru transparan. Setelah dingin, sampel kemudian dimasukkan ke dalam labu *Kjeldahl* ukuran 500 mL yang ditambahkan 75 mL akuades dan 60 mL NaOH 40%.

Larutan sampel kemudian di destilasi di atas *Kjeldahl digestion mantle* yang dihubungkan dengan konektor kondensor. Sampel yang menetes dari kondensor berupa larutan ditampung pada labu Erlenmeyer berisi 25 mL H₃BO₃ dan 5 tetes indikator metil merah dan metil biru. Hasil dari destilat yang diperoleh lalu dilakukan titrasi dengan larutan HCl 0,1 N hingga adanya perubahan warna transparan ke merah muda. Hal yang sama dilakukan pada bagian blanko menggunakan sampel akuades. Hasilnya adalah N total yang dinyatakan dengan faktor koreksi 6,25. Kadar protein ditentukan dalam Rumus 5.

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \frac{(V1 - V2) \times N \times 14,01 \times 100}{1000 \times W} \times 6,25 \quad \dots\dots(5)$$

Keterangan:

V1 = mL HCl 0,1 N titrasi sampel	W = Berat sampel (g)
V2 = mL HCl 0,1 N titrasi blanko	14,01 = Berat atom nitrogen
N = Standar Normalitas HCl	6,25 = Faktor koreksi

3.5.2.4. Kadar gula reduksi

Pengujian kadar gula reduksi dilakukan di Laboratorium Pengujian, Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung dengan metode *Luff Schroorl* (SNI 01-2892-1992 butir 3.1). Pengujian diawali dengan sampel ditimbang sebanyak 2 g lalu dimasukan ke dalam labu ukur 250 ml, ditambahkan pula akuades dan dihomogenkan. Pb-Asetat setengah basa ditambahkan sebanyak 5 ml, lalu dihomogenkan kembali. Selanjutnya, larutan (NH₄)₂HPO₄ ditetaskan 10% sebanyak 1 tetes. Perubahan yang terjadi diamati, apabila terdapat endapan putih maka dihentikan penambahan Pb-Asetat. Larutan sampel tersebut lalu ditambahkan kembali larutan (NH₄)₂HPO₄ 10% sebanyak 15 ml dengan cara ditetaskan untuk menguji apakah larutan Pb-Asetat setengah basa sudah

mengendap semuanya. Jika tidak timbul endapan maka penambahan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 10% sudah cukup. Larutan tersebut dihomogenkan dan ditambahkan akuades hingga batas tera, kemudian dihomogenkan lagi, didiamkan dan disaring.

Sampel larutan sebelumnya diambil sebanyak 10 ml lalu dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 500 ml. Sampel tersebut lalu ditambahkan 15 ml akuades dan 25 ml larutan *Luff Schroorl* serta beberapa butir batu didih. Labu Erlenmeyer kemudian dihubungkan dengan kondensor, lalu dipanaskan di atas pemanas listrik selama 10 menit (usahakan 3 menit sudah mendidih). Sampel didinginkan di dalam wadah berisi air es (tidak boleh goyang) lalu ditambahkan larutan KI 20% sebanyak 10 ml dan H_2SO_4 25% sebanyak 25 ml. Titrasi dilakukan dengan larutan Na-Thiosulfat 0,1 N dengan indikator larutan kanji 0,5% (V_1). Larutan blanko ditetapkan dengan 25 ml air dan 25 ml larutan *Luff Schroorl* seperti cara di atas (V_2). Jumlah Na-Thiosulfat 0,1 N yang dibutuhkan untuk mencari berat glukosa dalam tabel merupakan pengurangan volume titrasi blanko dengan volume titrasi sampel ($V_2 - V_1$). Persamaan perhitungan kadar gula reduksi dapat dilihat pada Rumus 6.

$$\text{Gula Reduksi (\%)} = \frac{W_1 \times fp}{W} \times 100\% \quad \dots\dots(6)$$

Keterangan:

W = Berat sampel (g)

fp = Faktor pengenceran

W₁ = Berat glukosa, dihitung berdasarkan **Lampiran 5**.

3.5.2.5. Kadar sukrosa

Pengujian kadar gula reduksi dilakukan di Laboratorium Pengujian, Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung dengan metode *Luff Schroorl* (SNI 01-2892-1992 butir 4.1). Sampel *marshmallow* ditimbang sebanyak 2 g, lalu sampel dimasukkan ke dalam labu ukur ukuran 250 mL kemudian ditambahkan akuades. Pb asetat setengah basa lalu dimasukkan sebanyak 5 mL dan dihomogenkan. Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 10% selanjutnya diteteskan ke dalam labu ukur sebanyak 1 tetes dan jika terdapat endapan berwarna putih, maka

penambahan Pb asetat dapat dihentikan. Akuades lalu ditambahkan hingga batas tera kemudian dihomogenkan kembali dan dilanjutkan dengan penyaringan. 50 mL sampel hasil penyaringan diambil kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. HCl 25% sebanyak 25 mL ditambahkan lalu dihidrolisis diatas pemanas listrik.

Saat proses hidrolisis berlangsung, suhu dipertahankan selama 10 menit, dan apabila sudah mencapai 68-70°C maka pemanas dimatikan dan sampel didinginkan. NaOH 30% lalu ditambahkan, kemudian indikator pp ditetaskan sedikit demi sedikit sampai larutan sampel menjadi berwarna merah jambu (netral). Akuades lalu ditambahkan kembali hingga batas tera. Sampel kemudian dihomogenkan dan diambil sebanyak 10 mL yang dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 500 mL. Reagen *Luff schroorl* ditambahkan sebanyak 25 mL bersamaan dengan 15 mL akuades serta ditambahkan pula beberapa butir batu didih. Erlenmeyer kemudian disambungkan pada kondensor, lalu dipanaskan menggunakan pemanas listrik selama 20 menit dengan memperhatikan waktu mendidih tidak boleh lebih dari 3 menit. Kemudian, sampel didinginkan di dalam wadah berisi air es dan tidak boleh goyang. 10 mL larutan Na-Thiosulfat 0,1 N ditambahkan dengan indikator pati 0,5% (V_1), setelah itu, larutan blanko ditetapkan sebagai pembanding dengan menambahkan 25 mL akuades serta 25 mL reagen *Luff schroorl* sama seperti sebelumnya (V_2). Jumlah Na-Thiosulfat 0,1 N yang dibutuhkan untuk mencari berat glukosa dalam tabel merupakan pengurangan volume titrasi blanko dengan volume titrasi sampel ($V_2 - V_1$). Persamaan perhitungan kadar sukrosa adalah disajikan pada Rumus 7. Rumus 8., dan Rumus 9.

$$\text{Sukrosa (\%)} = 0,95 \times (\% \text{ gula sesudah inversi} - \% \text{ gula sebelum inversi}) \quad \dots\dots(7)$$

$$\text{Gula sebelum inversi (\%)} = \text{Kadar gula reduksi} \quad \dots\dots(8)$$

$$\text{Gula sesudah inversi (\%)} = \frac{W1 \times Fp}{W} \times 100\% \quad \dots\dots(9)$$

Keterangan:

W = Berat sampel (g)

Fp = Faktor pengenceran

W1 = Berat glukosa, dihitung berdasarkan **Lampiran 5**.

3.5.2. Analisis fisik

3.5.2.1. Densitas

Pengujian analisis fisik densitas produk *marshmallow* dilakukan dengan merujuk pada Ann dkk. (2012). Pengujian densitas diawali dengan memotong sampel *marshmallow* berbentuk persegi ukuran 2 x 2 x 2 cm dan dilanjutkan dengan penimbangan. Pengukuran panjang, lebar, dan tinggi sampel dengan penggaris. Volume sampel *marshmallow* dihitung dari hasil perkalian antara panjang, lebar, dan tinggi. Persamaan perhitungan densitas *marshmallow* disajikan dalam Rumus 10.

$$\text{Densitas (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{p \times l \times t} \quad \dots\dots(10)$$

Keterangan:

m = Massa sampel (g)

p = Panjang (cm)

l = Lebar (cm)

t = Tinggi (cm)

3.5.2.2. *Texture profile analysis* (TPA)

Texture profile analysis (TPA) dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter turunan tekstur dari *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab dengan penambahan proporsi agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* yang berbeda menggunakan alat yaitu *Texture Analyzer Brookfield CT-3*. TPA atau dikenal dengan *two bite test* adalah analisis yang digunakan untuk menguji sifat fisik berupa tekstur dari suatu produk pangan dengan prinsip memberikan suatu gaya

tekan dan tarik sebanyak dua kali pada bahan dengan besaran tertentu sehingga profil tekstur dari bahan dapat terukur secara sistematis (Purnomo, 2014).

Beberapa parameter turunan tekstur yang diuji dari sampel *marshmallow* adalah *hardness*, *cohesiveness*, dan *gumminess*. Pengujian TPA diawali dengan meletakkan sampel *marshmallow* ukuran dadu di atas meja kerja lalu sampel ditekan menggunakan *probe* dengan tipe *cylindrical* sebanyak dua kali. Pengaturan alat TPA yang digunakan adalah *trigger* 1 g, *deformation* 3,0 mm, dan *speed* 2,5 mm/s. Data hasil analisis dikeluarkan di layar monitor alat berupa angka. Penjelasan terkait berbagai turunan parameter tekstur dalam pengujian TPA disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Definisi berbagai turunan parameter tekstur dalam pengujian *texture profile analysis*

Parameter	Satuan	Definisi
<i>Hardness</i> (Kekerasan)	gf	Menggambarkan gaya maksimum (nilai puncak) yang tercatat saat penekanan pertama. Gaya maksimum dapat terjadi bersamaan pada penekanan/deformasi maksimumnya
<i>Cohesiveness</i> (Daya kohesif)	-	Menggambarkan kemampuan produk dalam menerima penekanan kedua setelah sebelumnya menerima penekanan pertama. Oleh karena itu <i>cohesiveness</i> dapat dihitung dari luasan di bawah kurva pada tekanan kedua (Area 2) dibagi dengan luasan di bawah kurva pada tekanan pertama (Area 1)
<i>Springiness</i> (Elastisitas)	mm	Menggambarkan bagaimana suatu produk dapat kembali ke posisi semula melalui proses penekanan pertama. <i>Springiness</i> dapat diukur sebagai $\frac{length\ 2}{length\ 1}$ di mana TPA dilakukan pada <i>strain</i> yang sama baik untuk penekanan pertama maupun kedua
<i>Chewiness</i> (Daya kunyah)	mJ	<i>Chewiness</i> didefinisikan sebagai $gumminess \times springiness$
<i>Gumminess</i> (Kelengketan)	gf	<i>Gumminess</i> dapat dihitung sebagai $hardness \times cohesiveness$

Sumber: Purnomo (2014)

3.5.3 Analisis sensori

3.5.3.1 Uji skoring

Pengujian sensori secara skoring pada produk *marshmallow* dilakukan oleh 11 panelis terlatih terhadap parameter turunan tekstur meliputi *springiness* dan *chewiness* di Ruang Uji Sensori, Laboratorium Biokimia dan Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Calon panelis terlatih dipilih dari mahasiswa jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung yang telah mengambil mata kuliah Uji Sensori. Tahap pemilihan panelis terlatih dilakukan melalui tahapan yang sistematis meliputi tahap wawancara, seleksi, pelatihan, dan evaluasi. Tahap wawancara dilaksanakan melalui wawancara tertulis dengan pengisian kuesioner yang diikuti oleh 25 orang calon panelis. Kuesioner wawancara dapat dilihat di **Lampiran 6**. Tahapan ini merupakan proses inisiasi untuk memilah kesesuaian apakah kandidat panelis memiliki kualifikasi untuk melaksanakan rangkaian tahapan seleksi.

Tahapan yang selanjutnya dilakukan adalah proses seleksi dengan menggunakan metode segitiga atau *triangle test*. Tahap seleksi diikuti oleh calon panelis yang telah memenuhi syarat pada tahap wawancara tertulis. Tahap ini dilakukan untuk melihat kepekaan alat indera calon panelis dalam menilai sampel uji. Sampel yang digunakan adalah dua jenis sampel *marshmallow* yang berbeda dan apabila panelis menjawab benar lebih dari 60% dari jumlah set yang disajikan, maka panelis lolos ke tahap pelatihan. Kuesioner uji segitiga disajikan dalam **Lampiran 7**.

Tahap pelatihan dilakukan untuk melatih panelis dalam meningkatkan kemampuan dalam mengenali perbedaan karakteristik turunan parameter tekstur yang di uji yaitu *springiness* dan *chewiness*. Panelis dilatih menggunakan pengujian skala untuk membedakan derivasi tekstur berupa *springiness* dan *chewiness* dari *marshmallow*. Kuesioner uji skala yang digunakan disajikan dalam **Lampiran 8**. Atribut turunan tekstur yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis

tekstur dari *marshmallow* disajikan dalam Tabel 9. dan teknik pengujian sensori dalam mengevaluasi karakteristik tekstur pangan disajikan dalam Tabel 10.

Tabel 9. Atribut turunan tekstur yang digunakan dalam pelatihan penilaian sensoris

Atribut	Kode	Sifat	Definisi	Contoh
<i>Springiness</i>			<i>Kecepatan</i> pemulihan dari gaya deformasi dan sejauh mana suatu material yang terdeformasi kembali ke kondisi semula setelah gaya deformasi dihilangkan	
	S1	<i>Plastic</i>	<i>Absent</i>	<i>Margarine</i>
	S2	<i>Malleable</i>	<i>Moderate</i>	<i>Marshmallow</i>
	S3	<i>Elastic</i>	<i>High</i>	<i>Konjac</i>
<i>Chewiness</i>			Lamanya waktu atau jumlah kunyahan yang diperlukan untuk mengunyah produk padat hingga siap ditelan	
	C1	<i>Melting</i>	<i>Very low</i>	<i>Ice cream</i>
	C2	<i>Tender</i>	<i>Low</i>	<i>Young peas</i>
	C3	<i>Chewy</i>	<i>Moderate</i>	<i>Fruit gum</i>
	C4	<i>Tough</i>	<i>High</i>	<i>Dried squid</i>

Sumber: ISO 5492 (2008)

Tabel 10. Teknik pengujian sensori dalam mengevaluasi karakteristik tekstur pangan

Parameter	Keterangan
<i>Springiness</i>	Letakkan sampel di antara gigi geraham (jika padat) atau di antara lidah dan langit-langit (jika setengah padat) dan tekan sebagian, lepaskan tekanan dan evaluasi tingkatannya serta kecepatan pemulihan.
<i>Chewiness</i>	Letakkan sampel di dalam mulut dan kunyah dengan kecepatan satu kunyahan per detik dengan kekuatan yang sama dengan yang dibutuhkan untuk menembus produk dalam 0,5 detik, evaluasi jumlah kunyahan yang diperlukan untuk mengurangi sampel hingga siap ditelan.

Sumber: Ansari *et al.* (2014)

Tahap terakhir dalam rangkaian seleksi panelis yaitu tahap evaluasi. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan uji ranking untuk menilai tekstur *marshmallow*. Sampel yang digunakan adalah *marshmallow* yang diolah menggunakan *aquafaba* kacang arab dengan penambahan konsentrasi agar, *xanthan gum* dan *guar gum* yang berbeda. Setelah tahap evaluasi selesai, panelis yang lolos melaksanakan uji skoring dengan menggunakan sampel uji *marshmallow* yang sesungguhnya terhadap atribut sensori turunan tekstur berupa *springiness* dan *chewiness*. Kuesioner yang digunakan pada tahap evaluasi disajikan dalam **Lampiran 9**. Lembar kuesioner yang digunakan dalam uji skoring disajikan dalam **Lampiran 10**.

3.5.3.1. Uji hedonik berpasangan

Penilaian sensori secara hedonik berpasangan pada sampel *marshmallow* dilakukan oleh 52 panelis tidak terlatih terhadap parameter tampilan, tekstur *flavour*, *mouthfeel*, dan penerimaan keseluruhan di Ruang Uji Sensori, Laboratorium Biokimia dan Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Uji hedonik berpasangan dilakukan bertujuan untuk membandingkan *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab menggunakan *gelling agent* non-gelatin seperti agar, *xanthan gum*, dan *guar gum* dengan *marshmallow* berbahan dasar gelatin sehingga diharapkan *marshmallow* hasil penelitian dapat diterima oleh konsumen dari segi kesukaan. Sampel

marshmallow berbahan dasar gelatin diolah dengan proses pembuatan yang sama dengan sampel *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab namun *gelling agent* yang digunakan adalah gelatin saja tanpa ditambahkan hidrokoloid lainnya.

Panelis diminta untuk memilih di antara dua sampel *marshmallow* yang disukai.

Lembar kuisioner yang digunakan pada pengujian hedonik disajikan dalam

Lampiran 11.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel konsentrasi agar tidak berpengaruh secara nyata terhadap seluruh respon yaitu kadar air, kadar abu, densitas, *hardness*, *cohesiveness*, *gumminess*, *springiness*, dan *chewiness*. Variabel konsentrasi *xanthan gum* hanya berpengaruh secara nyata terhadap respon kadar air. Variabel konsentrasi *guar gum* berpengaruh secara nyata terhadap respon kadar air, densitas, *springiness* dan *chewiness*.
2. Hasil optimasi sifat kimia, fisik, sensori *marshmallow* berbasis *aquafaba* kacang arab menunjukkan bahwa kondisi kombinasi perlakuan optimum menggunakan analisis *Response Surface Methodology* (RSM) dengan desain *Central Composite Desain* (CCD) dapat dicapai dengan penambahan konsentrasi agar 3% (b/v), konsentrasi *xanthan gum* 0,5% (b/v) dan konsentrasi *guar gum* 2,5% (b/v) yang menghasilkan karakteristik berupa kadar air 38,95%, kadar abu 0,48%, densitas 0.58 g/cm³, *hardness* 11,06 gf, *cohesiveness* 1,43, *gumminess* 54,51 gf, *springiness* 4,1 (*high*), *chewiness* 3,83 (*moderate to high*) dengan nilai *desirability* sebesar 0,743. *Marshmallow* perlakuan optimum juga menghasilkan kadar protein 0,88%, kadar gula reduksi 5,06%, kadar sukrosa 19% dan nilai hedonik berpasangan yang tidak berbeda nyata dengan *marshmallow* berbasis gelatin.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penyesuaian konsentrasi *aquafaba* kacang arab, konsentrasi sukrosa dan penambahan bahan baku air untuk mendapatkan *marshmallow* dengan kadar air yang lebih rendah.
2. Perlu dilakukan pengujian tambahan untuk mengkaji parameter mutu *marshmallow gelatin free* lanjutan seperti pengujian aktivitas air, *differential scanning calorimetry* (DSC), *dynamic viscoelastic behaviour* (DVB), *overrun*, *volume expansion*, *a parrallel plate geometry*, *storage modulus* (G'), *loss modulus* (G''), *complex viscosity* (η^*), dan SEM *imaging*.

DAFTAR PUSTAKA

- 360 Market Updates. 2024. *Marshmallow Market [latest Reports] Business Description and Corporate Strategies in Globe till 2031*. [Diakses pada 18 Agustus 2024]. <https://www.linkedin.com/pulse/marshmallowmarket-latest-reports-business-description-corporate-5zzof/>
- Alfiansyah, R. A., and Rosida. 2024. Study of addition gelatin and egg white on the physicochemical and organoleptic characteristics of sawo kecil marshmallows and telang flower and determining the storage period using the ESS method. *Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*. 8(3): 1-7. <http://dx.doi.org/10.29165/ajarcde.v8i3.455>
- Ali, N. M. E. 2020. Production of marshmallow sweets free of golden syrup using some fruits and vegetables juices. *Egyptian Journal of Agricultural Science*. 71(4): 297-306. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31167.94889>
- Ali, N. M. E. S., Al-Askalany, S. A., and Ghandor, H. M. 2017. Evaluation of sensory, physicochemical changes of marshmallow (children candy) by addition natural colors. *Bulletin of the National Nutrition Institute of the Arab Republic of Egypt*. (50)154: 1-25. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24673.33125>
- Ann, K. C., Suseno, T. I. P., dan Utomo, A. R. 2012. Pengaruh perbedaan konsentrasi ekstrak bit merah dan gelatin terhadap sifat fisikokimia dan organoleptik *marshmallow beet*. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*. 11(2): 28-36. <https://dx.doi.org/10.33508/jtpg.v11i2.1472>
- Ansari, S., Maftoon-Azad, N., Farahnaky, A., Hosseini, E., and Badii, F. 2014. Effect of moisture content on textural attributes of dried figs. *International Agrophysics*. 28(1): 403-412. <https://doi.org/10.2478/intag-2014-0031>
- Arriagada, O., Cacciuttolo, F., Cabeza, R. A., Carrasco, B., and Schwember, A. R. 2022. A comprehensive review on chickpea (*Cicer arietinum* L.) breeding for abiotic stress tolerance and climate change resilience. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(12): 1-24. <https://doi.org/10.3390/ijms23126794>

- Azizah, A. N. 2024. Optimasi Produksi Enzim Lipase dari *Bacillus cereus* ALP E1 dengan Substrat *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 3547-2-2008 terkait Permen Lunak*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta. 21 hlm.
- Bertasa, M., Doderio, A., Alloisio, M., Vicini, S., Riedo, C., Samsonetti, A., Scalarone, D., dan Castellano, M. 2020. Agar gel strength: A correlation study between chemical composition and rheological properties. *European Polymer Journal*. 123(1): 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.109442>
- Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., and Serventi, L. 2017. Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread. *Food Science and Technology International*. 23(8): 690-698.
<https://doi.org/10.1177/1082013217717802>
- Boukid, F. 2021. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: A review. *International Journal of Food Science & Technology*. 56(11): 5435-5444. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15046>
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*. 32(1): 62-66.
- Bouyer, E., Mekhloufi, G., Rosilio, V., Grossiord, J., and Agnely, F. 2012. Proteins, polysaccharides, and their complexes used as stabilizers for emulsions: Alternatives to synthetic surfactants in the pharmaceutical field?. *International Journal of Pharmaceutics*. 436(1-2): 359-378.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2012.06.052>
- Brilliantina, A., Adhamatika, A., Sari, E. K. N., Wijaya, R., Triardianto, D., dan Sucipto, A. 2023. Penerapan *life cycle assessment* (LCA) untuk mengurangi dampak lingkungan pada proses produksi gula kristal putih di Bondowoso. *Juster: Jurnal Sains dan Terapan*. 2(1): 85-96.
<https://doi.org/10.57218/juster.v2i1.474>
- Cao, E., Chen, Y., Cui, Z., and Foster, P. R. 2003. Effect of freezing and thawing rates on denaturation of proteins in aqueous solutions. *Biotechnology and Bioengineering*. 82(6): 684-90. <https://doi.org/10.1002/BIT.10612>
- Çelekli, A., dan Maraşlı, S. 2023. Effect of *Arthrospira platensis* on physicochemical, texture, and microstructure properties of low-density marshmallows. *Food and Humanity*. 2(1): 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.12.004>

- Chaturvedi, S., Kulshrestha, S., Bhardwaj, K., and Jangir, R. 2021. A Review on properties and applications of xanthan gum. *Microbial Polymers*. 1(1): 87-107. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0045-6_4
- Chen, W. H., Carrera Uribe, M., Kwon, E. E., Lin, K. Y. A., Park, Y. K., Ding, L., and Saw, L. H. 2022. A comprehensive review of thermoelectric generation optimization by statistical approach: Taguchi method, Analysis of Variance (ANOVA), and Response Surface Methodology (RSM). *Renewable and Sustainable Energy*. 169(1): 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112917>
- Choden, N., Odelli, D., Casanova, F., Petersen, H. O., Ajallouei, F., and Feyissa, A. H. 2023. Effect of the extraction process parameters on aquafaba composition and foaming properties. *Applied Food Research*. 3(2): 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100354>
- Choya, P. F., Combarros-Fuertes, P., Camino, D. A., Bañuelos, E. R., Gutiérrez, B. P., Rodríguez, M. E. T., and Baro, J. M. F. 2023. Study of the technological properties of pedrosillano chickpea *aquafaba* and its application in the production of egg-free baked meringues. *Foods*. 12(1): 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods12040902>
- Colmenares-Cuevas, S. I., Contreras-Oliva, A., Salinas-Ruiz, J., Hidalgo-Contreras, J. V., Flores-Andrade, E., and García-Ramírez, E. J. 2024. Development and study of the functional properties of marshmallow enriched with bee (*Apis mellifera*) honey and encapsulated probiotics (*Lactobacillus rhamnosus*). *Frontiers in Nutrition*. 11(1): 1-11. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1353530>
- Cunningham, F. E. 1976. Properties of egg white foam drainage. *Poultry Science* 55(1): 738-743. <https://doi.org/10.3382/PS.0550738>
- Crawford, K., Tyl, C., and Kerr, W. 2023. Evaluation of processing conditions and hydrocolloid addition on functional properties of aquafaba. *Foods*. 12(4): 1-18. <https://doi.org/10.3390/foods12040775>
- Dangi, N., Yadav, B. S., and Yadav, R. B. 2022. Rheological, pasting, thermal m, and gel permeation chromatographic characteristic of guar gum acid hydrolysates. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*. 14(3): 70-85. <https://doi.org/10.34302/crpfst/2022.14.3.6>
- Descallar, F. B. A., and Matsukawa, S. 2020. Change of network structure in agarose gels by aging during storage studied by NMR and electrophoresis. *Carbohydrate Polymers*. 245(1): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116497>

- Duan, X., Li, J., Zhang, Q., Zhao, T., Li, M., Xu, X., and Liu, X. 2017. Effect of a multiple freeze-thaw process on structural and foaming properties of individual egg white proteins. *Food Chemistry*. 228(1): 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.005>
- Duran, E., Costell, E., Izquierdo, L., and Duran, L. 1994. Low sugar bakery jams with gellan gum-guar gum mixtures: Influence of composition on texture. *Food Hydrocolloids*. 8(3-4): 373-381. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80349-4](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80349-4).
- Efe, N., and Dawson, P. 2022. A review: Sugar-based confectionery and the importance of ingredients. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. 4(5): 1-8. <http://dx.doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.5.552>
- Ellis, A. I., Norton, A. B., Mills, T. B., and Norton, I. T. 2017. Stabilisation of foams by agar gel particles. *Food Hydrocolloids*. 73(1): 222-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.038>
- Ergun, R., Lietha, R., and Hartel, R. W. 2010. Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 50(2): 162-192. <https://doi.org/10.1080/10408390802248833>
- Ertas, N., and Türker, S. 2014. Bulgur processes increase nutrition value: Possible role in in-vitro protein digestability, phytic acid, trypsin inhibitor activity and mineral bioavailability. *Journal of Food Science and Technology*. 51(7): 1401-1405. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0638-7>
- Febriati, N. L. 2018. Optimasi Sifat Fisik *Edible Film* Berbasis Karagenan Murni dengan Metode Permukaan Respon (*Response Surface Methodology*). (Tesis). Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- Febryanti, D. A. 2022. Mutu Fisikokimia dan Sensoris Marshmallow Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) Hasil Perlakuan Variasi Persentase Agar dan *Xanthan gum*. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember. Jember.
- Ferreira, C. D., Bubolz, V. K., Silva, D. J., Dittgen, C. L., Ziegler, V., Raphaelli, C. D. O., and Oliveria, M. D. 2019. Changes in the chemical composition and bioactive compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) fortified by germination. *LWT*. 111(1): 363-369. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.049>
- Fitri, A. S., dan Fitriana, Y. A. N. 2020. Analisis senyawa kimia pada karbohidrat. *Sainteks*. 17(1): 45-52. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v17i1.8536>

- Fjodorova, J., Held, R., Hublik, G., Esteban Vazquez, J.M., Walhorn, V., Hellweg, T., and Anselmetti, D. 2022. Tuning xanthan viscosity by directed random coil-to-helix transition. *Biomacromolecules*. 23(11): 4493-4504. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.2c00494>
- Frank, D., Eyres, G. T., Piyasiri, U., Cochet-Broch, M., Delahunty, C. M., Lundin, L., and Appelqvist, I. A. 2015. Effects of agar gel strength and fat on oral breakdown, volatile release, and sensory perception using in vivo and in vitro systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63(41): 9093-102. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03441>
- Ghebremedhin, M., Schreiber, C., Zielbauer, B., Dietz, N., and Vilgis, T. A. 2020. Interaction of xanthan gums with galacto- and glucomannans. Part II: Heat induced synergistic gelation mechanism and their interaction with salt. *Journal of Physics: Materials*. 3(3): 1-3. <https://doi.org/10.1088/2515-7639/2Fab9ac9>
- Ghebremedhin, M., Seiffert, S., and Vilgis, T. A. 2021. Physics of agarose fluid gels: Rheological properties and microstructure. *Current Research in Food Science*. 4(1): 436-448. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.06.003>
- Ghribi, A. M., Makloul, I., Blecker, C., Attia, H., and Besbes, S. 2015. Nutritional and compositional study of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours from Tunisian cultivars. *Advances in Food Technology and Nutrition Sciences Open Journal*. 1(2): 38-47. <http://dx.doi.org/10.17140/AFTNSOJ-1-107>
- Grisel, M. Aguni, Y., Renou F., and Malhiac, C. 2015. Impact of fine structure of galactomannans on their interactions with xanthan: Two co-existing mechanisms to explain the synergy. *Food Hydrocolloids*. 51(1): 449-458. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.041>
- Hall, C., Hillen, C., and Robinson, J. G. 2017 Composition, nutritional value, and health benefits of pulses. *Cereal Chemistry*. 94(1): 11-31. <https://doi.org/10.1094/CCEM-03-16-0069-FI>
- Hevryk, V., Kaprelyants, L., Trufkati, L., and Pozhitkova, L. 2020. Analysis of perspective for using chickpea seeds to produce functional food ingredients. *Technology Audit and Production Reserves*. 4/3(54): 41-49. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.210374>
- Hirdyani, H. 2014. Nutritional composition of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and value-added products-a review. *Indian Journal of Community Health*. 26(2): 102-106.

- Horison, R., and Surini, S. 2025. Utilization of glucomannan-xanthan gum-carrageenan based co-processed excipients in the development of nutraceutical pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract jelly. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*. 13(3): 774-786. https://doi.org/10.56499/jppres24.2060_13.3.774
- Hough, G., Contarini, A., and Muñoz, A. M. 1994. Training a texture profile panel and constructing standard rating scales in Argentina. *Journal of Texture Studies*. 25(1): 45-57. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4603.1994.TB00754.X>
- International Organization for Standardization. 2008. *ISO 5492. Sensory analysis-Vocabulary. Ref. No. ISO 5492:2008 (E)*. Jenewa. 107 hlm.
- Jadav, M., Kulhari, D., Adams, D., and Kulhari, H. 2023. Advances in xanthan gum-based systems for the delivery of therapeutic agents. *Pharmaceutics*. 15(2): 1-27. <http://dx.doi.org/10.3390/pharmaceutics15020402>
- Jha, U. C., Nayyar, H., Thudi, M., Beena, R., Prasad, P. V. V., and Siddique, K. H. M. 2024. Unlocking the nutritional potential of chickpea: strategies for biofortification and enhanced multinutrient quality. *Frontiers in Plant Science*. 15(1): 1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1391496>
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., and Chibbar, R. N. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*. 108(1): 11-26. <https://doi.org/10.1017/s0007114512000797>
- Kabziński, M., Neupauer, K., Nowak, M., Kruk, J., and Kaczmarczyk, K. 2019. The impact of addition of xanthan gum and guar gum on rheological properties of foams produced by continuous method. *Polimery*. 64(1): 538-541. <https://dx.doi.org/10.14314/polimery.2019.7.11>
- Kairupan, A. N., Joseph, G. H., Lintang, M., Layuk, P., Polakitan, D., Paat, P. C., et al. (2024). The role and availability of food processing technology and assorted bean-based follow-on products in the modern era: Evidence from Indonesia. *IntechOpen*. 1(1): 1-23. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114393>
- Karlina, H. Y. 2024. Pengaruh Nisbah Metanol, Heksana, dan Konsentrasi Katalis dalam Produksi Biodiesel Secara Transesterifikasi In Situ *Spent Bleaching Earth*. (Skripsi). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- Kaur, R., and Prasad, K. 2021. Nutritional characteristics and value-added products of chickpea (*Cicer arietinum*): A review. *Journal of Postharvest Technology*. 9(2): 1-13.

- Khoobbakht, F., Khorshidi, S., Bahmanyar, F., Hosseini, S.M., Aminikhah, N., Farhoodi, M., and Mirmoghtadaie, L. 2023. Modification of mechanical, rheological and structural properties of agar hydrogel using xanthan and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*. 147(1): 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109411>
- Khouryieh, H., Aramouni, F. M., and Herald, T. J. 2005. Physical, chemical and sensory properties of sugar-free jelly. *Journal of Food Quality*. 28(1): 179-190. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4557.2005.00014.X>
- Khouryieh, H. A., Herald, T. J., Aramouni, F., and Alavi, S. 2006. Influence of mixing temperature on xanthan conformation and interaction of xanthan-guar gum in dilute aqueous solutions. *Food Research International*. 39(9): 964-973. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.06.001>
- Kim, D., and Iida, F. 2022. Texture characteristics of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) jelly for the elderly based on the *gelling agent*. *Foods*. 11(1): 1-14. <https://doi.org/10.3390/foods11131892>
- Kinfe, E., Singh, P., and Fekadu, T. 2015. Physicochemical and functional characteristics of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Bodity, Ethiopia and sensory evaluation of boiled and roasted products prepared using chickpea varieties. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*. 2(4): 21-29. <http://hdl.handle.net/10625/54415>
- Kirtil, E., Aydogdu, A., and Oztop, M. H. 2017. Investigation of physical properties and moisture sorption behaviour of different marshmallow formulations. *ISHS Acta Horticulturae*. 1152(1): 243-248. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1152.33>
- Kohyama, K., Hayakawa, F., Kazami, Y., and Nishinari, K. 2016. Sucrose release from agar gels and sensory perceived sweetness. *Food Hydrocolloids*. 60(1): 405-414. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.00>
- Koocheki, Khajeh, and Hosseini. 2020. *Saffron*. Woodhead Publishing. New Delhi. 580 hlm.
- Kumari, U. 2023. Chickpea (*Cicer arietinum* L.): Nutrition beyond protein, bioactives and associated health benefits. *The Pharma Innovation Journal*. 12(9): 134-142.
- Kuppuswami, G. M. 2014. *Fermentation (Industrial) | Production of Xanthan Gum*. In: *Encyclopedia of Food Microbiology 2nd Ed*. Academic Press. Massachusetts. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00110-5>

- Labuza, T.P., and Busk, G. 1979. An analysis of the water binding in gels. *Journal of Food Science*. 44(1): 1379-1385.
<https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1979.TB06443.X>
- Lam, R. S., and Nickerson, M. T. 2013. Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure–function approach. *Food chemistry*. 141(2): 975-984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.038>
- Lekjing, S., Keawpeng, I., Venkatachalam, K., and Karrila, S. 2022. Impact of different sugar types and their concentrations on salted duck egg white based meringues. *Foods*. 11(9): 1-15.
<https://doi.org/10.3390/foods11091248>
- Li, J., Sun, J., Chang, C., Gu, L., Su, Y., Zhai, J., and Yang, Y. 2023. Influence of selected gums on the foaming properties of egg white powders: Kinetics of foam formation and baking performance. *Food Hydrocolloids*. 139(1): 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108529>
- Lima, L. T., Zandonadi, R. P., Rodrigues, G., Aguiar, K., Romao, B., Mendonca, M., Raposo, A., Teixeira-Lemos, E., and Botelho, R. B. A. 2024. Chickpea aquafaba production techniques for foaming: A comparison of foam stability considering the use of soaking water, additives, pressure cooking time, pH, and protein content. *LWT*. 207(1): 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116643>
- Liu, J., Yuan, H., Tao, X., Liang, Y., Yang, S. J., Huang, J. Q., Yuan, T. Q., Titirici, M. M., and Zhang, Q. 2020. Recent progress on biomass-derived ecomaterials toward advanced rechargeable lithium batteries. *Ecomat: Functional Material for Green Energy and Environment*. 1(1): 1-16.
<http://dx.doi.org/10.1002/eom2.12019>
- Mandei, J. H. 2014. Komposisi beberapa senyawa gula dalam pembuatan permen keras dari buah pala. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 6(1): 1-10.
<https://doi.org/10.33749/jpti.v6i2.3200>
- Mardani, M., Yeganehzad, S., and Niazmand, R. 2021. The effect of various levels of xanthan/guar gum and chubak extract on rheological, thermal, sensory and microstructure of gelatin free marshmallow. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 10(2): 107-126.
<https://doi.org/10.22101/JRIFST.2019.11.10.e1099>
- Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptichkina, N., Kodatsky, Y., Kliukina, O., Nepovinnykh, N., and Naji-Tabasi, S. 2019. Study on foaming, reological, and thermal properties of gelatin-free marshmallow. *Food Hydrocolloids*. 93(1): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.033>

- Martín-Esparza, M. E., Raigón, M. D., García-Martínez, M. D., and Albors, A. 2021. Role of hydrocolloids in the structure, cooking, and nutritional properties of fiber-enriched, fresh egg pasta based on tiger nut flour and durum wheat semolina. *Foods*. 10(10): 1-14. <https://doi.org/10.3390/foods10102510>
- Matsuoka, R. and Sugano, M. 2022. Health functions of egg protein. *Foods*. 11(1): 1-17. <https://doi.org/10.3390%2Ffoods11152309>
- Merga, B., and Haji, J. 2019. Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*. 5(1): 1-12. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1615718>
- Miquelim, J. N., dan Lannes, S. 2009. Egg albumin and guar gum influence on foam thixotropy. *Journal of Texture Studies*. 40(1): 623-636. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4603.2009.00201.X>
- Miranda, B. D. B., Holanda, G. S., Raposo, A., Maynard, D. D. C., Botelho, R. B. A., Romão, B., Oliveira, V. R. D., and Zandonadi, R. P. 2023. Chickpea aquafaba: a systematic review of the diferent processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics. *Journal Food Science and Tecnology*. 61(1): 1439-1456. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05920-y>
- Mohammadian, M., and Alavi, F. 2016. The effects of iranian gum tragacanth on the foaming properties of egg white proteins in comparison with guar and xanthan gums. *Journal of Food Biosciences and Technology*. 6(2): 59-68.
- Mudgil, D., Barak, S., and Khatkar, B. S. 2014. Guar gum: processing, properties and food applications: A review. *Journal Food Science and Technology*. 51(3): 409-418. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x>
- Mustafa, R., and Reaney, M. J. T. 2020. *Aquafaba, from food waste to a value-added product. Food Wastes and By-products: Nutraceutical and Health Potential 1st Ed.* John & Wiley & Sons Ltd. New Jersey. hlm: 93-126. <https://doi.org/10.1002/9781119534167.CH4>
- Nainggolan, E. A., Banout, J., and Urbanova, K. 2023. Application of central composite design and superimposition approach for optimization of drying parameters of pretreated cassava flour. *Foods*. 12(11): 1-16. <https://doi.org/10.3390/foods12112101>
- National Center for Biotechnology Information (2024). *PubChem Compound Summary for CID 23681127, Potassium bitartrate*. [Diakses pada 18 Oktober 2024] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-bitartrate>.

- National Center for Biotechnology Information (2024). *PubChem Compound Summary for CID 5988, Sucrose*. [Diakses pada 21 September 21 2024] from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sucrose>.
- Nepovinnikha, N. V., Klyukinaa, O. N., Kodatskiya, Y. A., Ptichkinaa, N. M., and Yeganehzad, S. 2018. Study of the stability of foam and viscoelastic properties of marshmallow without gelatin. *Foods and Raw Materials*. 6(1): 90-98. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-90-99>
- Nguyet, N. T. M., Quoc, L. P. T., and Buu, T. G. 2021. Evaluation of textural and microstructural properties of vegan aquafaba whipped cream from chickpeas. *Chemical Engineering Transactions*. 83(1): 421-426. <https://doi.org/10.3303/CET2183071>
- Nsengiyumva, E. M., and Alexandridis, P. 2022. Xanthan gum in aqueous solutions: Fundamentals and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 216(1): 583-604. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.189>.
- Ojewumi, M. E., Adeeyo, O. A., Akingbade, O. M., Babatunde, D. E., Ayoola, A. A., Awolu, O. O., Ojewumi, E. O., and Omodara, O. J. 2018. Evaluation of glucose syrup produced from cassava hydrolyzed with malted grain (rice, sorghum and maize). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 9(8): 3378-3387. [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9\(8\).1000-11](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.9(8).1000-11)
- Othmeni, I., Karoui, R., and Blecker, C. 2024. Impact of pH on the structure, interfacial, and foaming properties of pea protein isolate: Investigation of the structure – Function relationship. *International Journal of Biological Macromolecules*. 278(2): 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134818>
- Pandya, Y. H., Bakshi, M., and Sharma, A. 2022. Agar extraction, structural properties and applications: A review. *The Pharma Innovation Journal*. 11(6): 1151-1157.
- Pang, Z., Deeth, H., Sopade, P., Sharma, R., and Bansal, N. 2014. Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins. *Food Hydrocolloids*. 35(1): 484-493. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.007>.
- Pangestuti, E. K., dan Darmawan, P. 2021. Analisis kadar abu dalam tepung terigu dengan metode gravimetri. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*. 2(1): 16-21. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v2i1.22>

- Perez, A. A., Sánchez, C. C., Patino, J. M. R., Rubioloa, A. C., and Santiagoa, L. G. 2010. Milk whey proteins and xanthan gum interactions in solution and at the air–water interface: A rheokinetic study. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 81(1): 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.06.021>
- Poret, F., Cordinier, A., Hucher, N., Grisel, M., and Savary, G. 2021. Impact of the synergistic interaction between xanthan and galactomannan on the stickiness properties of residual film after application on a surface. *Carbohydrate Polymers*. 255(1): 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117500>
- Pronina, Y., Belozertseva, O., Nabiyeve, Z., Pirozzi, A., Carpentieri, S., Ferrari, G., Bazylkhanova, E., and Burlyayeva, A. 2024. Enhancing nutritional value and health benefits of gluten-free confectionery products: innovative pastilles and marshmallows. *Frontiers in Nutrition*. 10(1): 1-17. <https://doi.org/10.3389%2Ffnut.2023.1321004>
- Purnomo, E. H. 2014. Texture of snack food. *Foodreview Indonesia*. 9(7): 56-60.
- Raeatya, M., dan Rosida, R. 2024. Karakteristik *marshmallow* carica (*Carica pubescens* L.) dan sari wortel (*Daucus carota* L.) dengan perlakuan penambahan gelatin dan putih telur. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*. 8(3): 1444-1452. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i3.4350>
- Rahmati, N. F., Koocheki, A., Varidi, M., and Kadkhodae, R. 2018. Thermodynamic compatibility and interactions between Speckled Sugar bean protein and xanthan gum for production of multilayer O/W emulsion. *Journal of Food Science and Technology*. 55(3): 1143-1153. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-3030-9>
- Ramos, L. C. D. S., and Vidigal, M. C. T. R. 2022. Foam-forming properties of alternative vegetable proteins. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*. 8(8): 1-5. <https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss8pp14834-01e>
- Rawat, S., Rai, S., Sangeeta, S., Kumar, A., Ramachandran, P., Sharma, S. K., Dubey, S. K., Prakash, A., and Joshi, R. 2024. Application of plant-based hydrocolloids on the textural profile of vegan gummies supplemented with turmeric and black Pepper. *Int J Food Sci*. 22(1): 1-12. <https://doi.org/10.1155/2024/7127635>
- Rezaei, M. K., Deokar, A., and Tar'An, B. 2016. Identification and expression analysis of candidate genes involved in carotenoid biosynthesis in chickpea seeds. *Frontiers in Plant Science*. 7(1): 1867. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01867>

- Ribeiro, S., Almeida, R., Batista, L., Lima, J., Sarinho, A., Nascimento, A., and Lisboa, H. 2024. Investigation of guar gum and xanthan gum influence on essential thyme oil emulsion properties and encapsulation release using modeling tools. *Foods*. 13(6): 1-16. <https://doi.org/10.3390/foods13060816>
- Riztyani, K., and Hermanuadi, D. 2024. Application of the RSM-CCD method in making mozzarella cheese using pineapple juice and coagulation Time. *International Journal of Technology, Food and Agriculture*. 1(3): 101-110. <https://doi.org/10.25047/tefa.v1i3.4982>
- Rosiak, R. D., Nebesny, E., and Budryn, G. 2015. Chickpeas composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(8): 1137-1145. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.687418>
- Ross-Murphy, S. B., and Shatwell, K. P. 1993. Polysaccharide strong and weak gels. *Biorheology*. 30(3-4): 217-27. <https://doi.org/10.3233/bir-1993-303-407>
- Rusli, Z., dan Setiani, L. A. 2020. Modifikasi metode analisis daya hambat terhadap proses denaturasi protein yang diinduksi oleh panas. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*. 3(2): 55-62. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v0iX.7499>
- Russ, N., Zielbauer, B. I., Koynov, K., and Vilgis, T. A. 2013. Influence of nongelling hydrocolloids on the gelation of agarose. *Biomacromolecules*. 14(11): 4116-4124. <https://dx.doi.org/10.1021/bm4012776>
- Ryu, J., Jung, J., Lee, S., and Ko, S. 2012. Comparison of physicochemical properties of agar and gelatin gel with uniform hardness. *Food Engineering Progress*. 16(1): 14-19. <https://doi.org/10.13050/foodengprog.2012.16.1.14>
- Saha, D., and Bhattacharya, S. 2010. Hydrocolloids as thickening and *gelling agents* in food: a critical review. *J Food Sci Technol*. 47(6): 587-97. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>
- Sajja, S. B., Samineni, S., and Gaur, P. M. 2017. *Botany of Chickpea*. In Book: *The Chickpea Genome*. Springer International Publishing. Swiss. hlm: 13-24. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-66117-9_3
- Sánchez, V. E., Bartholomai, G., and Pilosof, A. M. 1995. Rheological properties of food gums as related to their water binding capacity and to soy protein interaction. *Lwt - Food Science and Technology*. 28(1): 380-385. <https://doi.org/10.1016/0023-6438%2895%2990021-7>

- Santacruz-Vázquez, V., Santacruz-Vázquez, C., and Cortés, J. 2015. Physical characterization of freeze-dried foam prepared from *Aloe vera* gel and guar gum. *Vitae-revista De La Facultad De Química Farmaceutica*. 22(1): 75-86. <https://doi.org/10.17533/UDEA.VITAE.V22N2A02>
- Santoso, U., Pranoto, Y., Afriyanti, Y. T., and Mulyani, S. 2019. The physical and chemical properties of marshmallow made from buffalo (*Bubalus bubalis*) hide gelatin compared to commercial gelatin. *Journal of Applied Food Technology*. 6(2): 28-34. <https://doi.org/10.17728/jaft.5192>
- Schmitt, C., Sanchez, C., Desobry-Banon, S., and Hardy, J. 1998. Structure and technofunctional properties of protein-polysaccharide complexes: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 38(8): 689-753. <https://doi.org/10.1080/10408699891274354>
- Serventi, L., Vittadini, E., and Vodovotz, Y. 2018. Effect of chickpea protein concentrate on the loaf quality of composite soy-wheat bread. *LWT*. 89(1): 400-402. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.012>
- Serventi, L., Wang, S., Zhu, J., Liu, S., and Fei, F. 2018. Cooking water of yellow soybeans as emulsifier in gluten-free crackers. *European Food Research and Technology*. 244(12): 2141-2148. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3122-4>
- Sharma, A., Gautam, S., and Wadhawan, S. 2014. *Xanthomonas*. In: Batt CA, Tortorello M (eds) *Encyclopedia of Food Microbiology 2nd Ed*. Academic Press. Massachusetts. hlm: 811-817.
- Shim, Y. Y., Mustafa, R., Shen, J., Ratanapariyanuch, K., and Reaney, M. J. T. 2018. Composition and properties of aquafaba: Water recovered from commercially canned chickpeas. *Journal of Visualized Experiments*. 132(1): 1-5. <https://dx.doi.org/10.3791/56305>
- Shimada, R., Kumeno, K., Akabane, H., and Nakahama, N. 1993. Gelation and melting of a mixed carrageenan-gelatin gel. *Journal of Home Economics*. 44(1): 999-1005. <https://doi.org/10.11428/JHEJ1987.44.999>
- Simiqueli, A. A., Vidigal, M., Minim, V. P., and Minim, L.A. 2019. Ovalbumin and guar gum foam and its surface properties as influenced by sucrose and sorbitol. *International Journal of Biological Macromolecules*. 135(1): 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.140>
- Simpson, I. K., Owusu, F. W. A., Boakye-Gyasi, M. E., Entsie, P., Bayor, M. T., and Ofori-Kwakye, K. 2022. Pharmaceutical applications of glucose syrup from high quality cassava flour in oral liquid formulation. *International Journal of Food Science*. 2022(1): 1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/6869122>

- Soedarmadji, S., B. Haryono dan Sukardi, 1997. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta. 160 hlm.
- Srungarapu, R., Mahendrakar, M. D., Mohammad, L. A., Chand, U., Jagarlamudi, V. R., Kondamudi, K. P., Kudapa, H., and Samineni, S. 2022. Genome-wide association analysis reveals trait-linked markers for grain nutrient and agronomic traits in diverse set of chickpea germplasm. *Cells*. 11(15): 1-21. <https://doi.org/10.3390/cells11152457>
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., and Serventi, L. 2018. Application of pulses cooking water as functional ingredients: the foaming and gelling abilities. *European Food Research and Technology*. 244(1): 97-104. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2943-x>
- Sun, J., Chang, C., Su, Y., Gu, L., Yang, Y., and Li, J. 2022. Impact of saccharides on the foam properties of egg white: Correlation between rheological, interfacial properties and foam properties. *Food Hydrocolloids*. 122(1): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107088>
- Suwarno, S., Ratnani, R. D., and Hartati, I. 2015. Proses pembuatan gula invert dari sukrosa dengan katalis asam sitrat, asam tartrat dan asam klorida. *Momentum*. 11(2): 99-103. <https://doi.org/10.36499/JIM.V11I2.1382>
- Tachie, C., Nwachukwu, I. D., and Aryee, A. N. A. 2023. Trends and innovations in the formulation of plant-based foods. *Food Production, Processing and Nutrition*. 5(16): 1-14 <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00129-0>
- Tappy, L. 2018. Quality of sugars and sugar-containing foods. *Cereal Foods World*. 63(3): 1-2. <https://doi.org/10.1094/cfw-63-3-0107>
- Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., and Siddiqui, M. Z. 2016. Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 88(1): 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001>.
- Tireki, S., Sumnu, G., and Sah in, S. 2021. Correlation between physical and sensorial properties of gummy confections with different formulations during storage. *Journal of Food Science and Technology*. 58(9): 3397-3408. <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-020-04923-3>
- United State Departement of Agriculture. 2019. *FoodData Central: Marshmallow*. USDA National Nutrient Database for Standart Reference. [Diakses pada 7 Oktober 2024] <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/732060/nutrients>

- Varshosaz, J., Zaki, M. R., Minaian, M., and Jaafar, B. 2015. Preparation, optimization, and screening of the effect of processing variables on agar nanospheres loaded with bupropion HCl by a D-optimal design. *BioMed Research International*. 2015(1): 1-13. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/571816>
- Vélez-Erazo, E. M., Bosqui, K., Rabelo, R. S., and Hubinger, M. D. 2021. Effect of pH and pea protein: xanthan gum ratio on emulsions with high oil content and high internal phase emulsion formation. *Molecules*. 26(18): 1-16. <https://doi.org/10.3390/molecules26185646>
- Wang, L., Tian, H., Zhang, W., Li, C., and Dong Xiang. 2023. Insights into interaction mechanism between xanthan gum and galactomannan based on density functional theory and rheological properties. *Food Chemistry*. 418(1): 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135990>
- Wang, Y., Dong, M., Guo, M., Wang, X., Zhou, J., Lei, J., Guo, C., and Qin, C. 2017. Agar/gelatin bilayer gel matrix fabricated by simple thermo-responsive sol-gel transition method. *Materials Science and Engineering: C*. 77(1): 293-299. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.254>
- Wee, M. S., Goh, A.T., Stieger, M., and Forde, C.G. 2018. Correlation of instrumental texture properties from textural profile analysis (TPA) with eating behaviours and macronutrient composition for a wide range of solid foods. *Food & Function* 9(10): 5301-5312. <https://doi.org/10.1039/c8fo00791h>
- Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 253 hlm.
- Yang, J., Yang, Q., Waterink, B., Venema, P., Vries, R. D., and Sagis, L. M. C. 2023. Physical, interfacial and foaming properties of different mung bean protein fractions. *Food Hydrocolloids*. 143(1): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108885>
- Yazici, G., Taspinar, T., and Ozer, M. 2022. Aquafaba: A multifunctional ingredient in food production. *Biology and Life Sciences Forum*. 18(1): 1-6. <https://doi.org/10.3390/Foods2022-13004>
- Yolmeh, M., and Jafari, S. M. 2017. Applications of response surface methodology in the food industry processes. *Food and Bioprocess Technology*. 10(1): 413-433. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1855-2>
- Zaitoun, M., Ghanem, M., and Harphoush, S. 2018. Sugars: Types and their functional properties in food and human health. *International Journal of Public Health Research*. 6(4): 93-99.

Zhang, Y., Su, D., He, J., Dai, Z., Asad, R., Ou, S., and Zeng, X. 2017. Effects of ciceritol from chickpeas on human colonic microflora and the production of short chain fatty acids by in vitro fermentation. *LWT: Food Science and Technology*. 79(1): 294-299. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.040>