

Tinjauan tentang Peranan Hidrokoloid Berbeza sebagai Bahan Tambahan Makanan dalam Kestabilan Jangka Hayat Mayonis

(A Review on the Role of Different Hydrocolloids as Food Additives in the Shelf Life Stability of Mayonnaise)

ZHI YIN TER^{1,2*}, WAN AIDA WAN MUSTAPHA^{1,2} & SENG JOE LIM^{1,2}

¹*Department of Food Sciences, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

²*Innovation Centre for Confectionery Technology (MANIS), Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

Diserahkan: 20 Januari 2025/Diterima: 22 Julai 2025

ABSTRAK

Mayonis ialah emulsi minyak-dalam-air yang digunakan secara meluas sebagai bahan perasa di seluruh dunia. Kestabilan mayonis, terutamanya mayonis rendah lemak dan mayonis vegan, sering dikaitkan dengan isu teknikal seperti ketidakstabilan emulsi yang boleh mengehadkan jangka hayat produk. Hidrokoloid muncul sebagai penyelesaian kepada cabaran ini berikutan keupayaannya untuk meningkatkan kestabilan emulsi produk mayonis dengan menghalang pemisahan fasa, pengelompokan serta ketidakstabilan emulsi yang lain. Dalam tinjauan ini, peranan pelbagai hidrokoloid termasuk gam xantan, gam guar, kanji, selulosa dan gam Arab yang biasa digunakan dalam produk mayonis telah dibincangkan. Keupayaan hidrokoloid untuk bertindak sebagai agen penstabil sterik dalam mekanisme penstabilan emulsi mayonis telah dijelaskan. Kesan penggunaan hidrokoloid ini terhadap kestabilan jangka hayat dan kualiti produk mayonis turut diuraikan. Penemuan yang dibincangkan dalam kertas ini menyerlahkan bahawa penambahan hidrokoloid atau gabungannya dapat meningkatkan kestabilan produk mayonis dan memanjangkan jangka hayatnya. Tinjauan ini memberikan gambaran tentang peranan hidrokoloid yang berbeza dalam kestabilan jangka hayat mayonis untuk menggalakkan hasil yang lebih berkualiti dan pilihan produk dengan jangka hayat yang lebih panjang dalam industri makanan.

Kata kunci: Emulsi minyak dalam air; hidrokoloid; jangka hayat; kestabilan emulsi; mayonis

ABSTRACT

Mayonnaise is an oil-in-water emulsion that is widely used as a condiment around the world. The stability of mayonnaise, particularly low-fat and vegan mayonnaise, is often associated with technical issues such as emulsion instability, which can limit the shelf life of the product. Hydrocolloids have emerged as solutions to these challenges due to their ability to improve the emulsion stability of the mayonnaise products by preventing phase separation, flocculation, and other forms of emulsion instability. This review discusses the role of various hydrocolloids, including xanthan gum, guar gum, starch, cellulose, and Arabic gum, which are commonly used in mayonnaise products. The ability of hydrocolloids to act as steric stabilising agents in the stabilisation mechanism of mayonnaise emulsions is explained. The effect of these hydrocolloids on the shelf life stability and quality of mayonnaise products is also elaborated. The findings discussed in this article highlight that the addition of hydrocolloids or their combinations can improve the stability of mayonnaise products and extend their shelf life. This review provides insight into the role of different hydrocolloids in the shelf life stability of mayonnaise, promoting higher quality outcomes and longer shelf life options for products in the food industry.

Keywords: Emulsion stability; hydrocolloid; mayonnaise; oil-in-water emulsion; shelf life

PENDAHULUAN

Mayonis ialah sejenis sos berkrim berwarna kuning pucat yang digunakan secara meluas dalam penyediaan salad, sandwich dan pelbagai produk makanan lain (Haniff et al. 2020). Menurut Pentadbiran Makanan dan Ubat-Ubatan (FDA), mayonis didefinisikan sebagai emulsi separa pepejal yang terdiri daripada minyak sayuran, cuka, jus lemon dan/atau jus limau, ramuan yang mengandungi kuning telur, bersama dengan satu atau lebih ramuan

berikut: garam, pemanis, biji sawi, paprika atau rempah lain dan monosodium glutamat. Menurut Peraturan-Peraturan Makanan 1985 Malaysia (Akta 345), mayonis ialah campuran yang terdiri daripada minyak sayuran yang boleh dimakan, cecair telur atau cecair kuning telur, bersama dengan cuka atau jus buah sitrus atau kedua-dua dengan atau tanpa makanan lain dengan kandungan minyak sayuran mesti melebihi 65% daripada jumlah berat keseluruhan (Kementerian Kesihatan Malaysia 1985).

Mayonis adalah emulsi minyak dalam air yang terdiri daripada fasa tersebar dan fasa berterusan (Wiguna et al. 2023). Fasa tersebar merangkumi minyak sayuran bersama komponen larut minyak, seperti perasa dan antioksidan, manakala fasa berterusan terdiri daripada komponen larut dan tidak larut dalam air, seperti garam, asid, pemanis, herba, rempah dan kuning telur (Wiguna et al. 2023). Bahan utama dalam mayonis termasuk minyak sayuran, air, pengemulsi, pemekat, cuka, garam, gula dan agen perasa (Karupaiah et al. 2016). Minyak sayuran seperti minyak kacang soya, minyak kanola dan minyak bunga matahari merupakan bahan utama untuk penghasilan mayonis dengan kandungan lemak yang mencapai 70% hingga 80% (Mirzanajafi-Zanjani, Yousefi & Ehsani 2019).

Minyak digunakan dalam kuantiti yang banyak dalam pengeluaran mayonis untuk memastikan kualiti dan kestabilan produk kerana minyak memainkan peranan yang sangat penting dalam menentukan ciri mayonis seperti kelikatan, tekstur, pelinciran, penampilan, rasa dan jangka hayat (Gaikwad, Syed & Shinde 2017). Emulsi mayonis tradisi kekal stabil kerana kehadiran kuning telur yang berfungsi sebagai pengemulsi untuk mencegah titisan minyak daripada bergabung. Walau bagaimanapun, penggunaan mayonis secara berlebihan boleh menyebabkan masalah kesihatan, kerana mayonis merupakan makanan yang tinggi lemak dan kolesterol yang boleh menyumbang kepada penyakit pemakanan seperti penyakit kardiovaskular, hipertensi, diabetes dan obesiti. Oleh itu, permintaan terhadap '*Mayo Lite*' (yang dikategori sebagai sos salad kerana mengandungi kurang daripada 65% minyak) atau mayonis vegan semakin meningkat, terutamanya disebabkan oleh kebimbangan pengguna terhadap diet tinggi lemak dan kolesterol. Namun begitu, penghasilan produk ini sering dikaitkan dengan cabaran teknikal, seperti kestabilan yang rendah serta tekstur, rasa, rupa dan rasa mulut yang tidak memenuhi jangkaan pengguna.

Pengguna cenderung memilih produk yang stabil, berkualiti tinggi dan mempunyai jangka hayat yang panjang. Perubahan kualiti merupakan faktor utama yang mempengaruhi jangka hayat produk, walaupun aspek keselamatan mikrob juga memainkan peranan penting (Lewis & Heppel 2000). Kerosakan emulsi dalam mayonis lazimnya berkait rapat dengan pengoksidaan lemak atau kemerosotan agen pengemulsi yang akhirnya menyebabkan pemisahan minyak (Sagdic et al. 2016). Oleh itu, penggunaan hidrokoloid menjadi unsur penting dalam penghasilan mayonis yang berkualiti dengan kestabilan yang lebih tinggi. Walau bagaimanapun, tinjauan terhadap penggunaan hidrokoloid dalam mayonis masih terhad. Justeru, kajian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang peranan pelbagai jenis hidrokoloid dalam meningkatkan kestabilan mayonis.

KOMPONEN UTAMA DALAM MAYONIS DAN PERANANNYA

Mayonis mula dihasilkan secara komersil pada awal 1900-an, menandakan permulaan pengeluaran berskala besar bagi produk ini untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat dalam kalangan pengguna di seluruh dunia (Mirzanajafi-Zanjani, Yousefi & Ehsani 2019). Berdasarkan Jabatan Pertanian Amerika Syarikat (USDA), satu sudu makan mayonis (bersamaan 13.8 g) mengandungi 94 kkal tenaga, 0.1 g protein, 10 g lemak, 0.1 g karbohidrat, 1.6 g lemak tepu, 2.3 g lemak monotaktepu, 6 g lemak politaktepu, 0 g lemak trans, 5.8 mg kolesterol, 0 g serat diet, 2.8 mg kalium dan 87.6 mg natrium (USDA 2024). Mayonis merupakan sumber yang baik bagi beberapa mineral, vitamin A dan E, serta asid linoleik yang memainkan peranan penting dalam menyokong fungsi fisiologi dan kesihatan tubuh (Abd Rashed et al. 2017). Komponen utama dalam mayonis terdiri daripada minyak sayuran, air, agen pengasid, agen perasa dan agen pengemulsi (Karupaiah et al. 2016). Proses penghasilan mayonis melibatkan pencampuran semua bahan menggunakan pengadun berkelajuan tinggi atau penghomogen, bagi memecahkan minyak menjadi titisan kecil (Sirison et al. 2017).

PERANAN MINYAK SAYURAN

Minyak sayuran, seperti minyak kacang soya, minyak kanola dan minyak bunga matahari, merupakan bahan utama dalam penghasilan mayonis dengan kandungan minyak mencapai 70-80% dalam produk akhir (Mirzanajafi-Zanjani, Yousefi & Ehsani 2019). Minyak memainkan peranan penting dalam menentukan kelikatan, tekstur, pelinciran, rupa, rasa dan jangka hayat produk, yang seterusnya memastikan kualiti serta kestabilan mayonis (Gaikwad, Syed & Shinde 2017). Jenis minyak yang digunakan dalam pembuatan mayonis adalah penting kerana minyak boleh mempengaruhi sifat organoleptik, khususnya dari segi tekstur dan rasa. Kebanyakan produk mayonis komersial menggunakan minyak kacang soya sebagai bahan utama (Karupaiah et al. 2016). Walau bagaimanapun, minyak sayuran tidak tepu seperti minyak kacang soya cenderung mengalami pengoksidaan yang boleh menjejaskan rasa dan kualiti produk (Maszewska et al. 2018). Penyelidikan yang meluas mengenai minyak kacang soya telah membawa kepada peningkatan ketara dalam kestabilan minyak tersebut. Antara faktor penting yang menyumbang kepada kestabilan minyak termasuk penyahaktifan logam, perlindungan daripada udara, hidrogenasi dan penyejukan. Selain itu, jika terdapat tuntutan pemakanan tertentu atau keperluan rasa yang unik, minyak sayuran lain juga boleh digunakan dalam penghasilan mayonis. Oleh itu, pemilihan minyak yang sesuai serta penggunaan teknik pengendalian yang betul adalah penting untuk memastikan kualiti dan kestabilan produk mayonis yang dihasilkan.

PERANAN AGEN PENGASID

Agen pengasid, seperti cuka dan jus lemon, menyumbang kepada rasa masam pada mayonis. Selain itu, agen ini memainkan peranan penting dalam menurunkan pH mayonis supaya berada dalam lingkungan antara 3.6 hingga 4.0 (Ševelová & Golian 2019). pH rendah dapat meningkatkan keselamatan mikrobiologi serta pengawetan produk mayonis. Mayonis yang dihasilkan secara komersial lazimnya bersifat bakterisidal terhadap sel vegetatif mikroorganisma patogen (Smittle 1977). Keberkesanan ini terutamanya disumbangkan oleh asid asetik daripada cuka yang merupakan asid utama dalam mayonis dan biasanya hadir pada kepekatan sekitar 0.3% (Chirife et al. 1989). Walaupun kepekatan ini umumnya mencukupi untuk menghalang pertumbuhan mikroorganisma patogen, terdapat mikroorganisma asidurik tertentu yang masih mampu hidup dan berkembang dalam keadaan berasid melalui proses fermentasi yang dapat dikenal pasti melalui penghasilan gas karbon dioksida atau perubahan rasa. Oleh itu, walaupun pH rendah memberikan perlindungan mikrobiologi yang signifikan, pemantauan teliti terhadap kehadiran patogen penting seperti *Salmonella* spp., *Escherichia coli* dan *Listeria monocytogenes* tetap diperlukan bagi menjamin keselamatan produk mayonis (Hassan & Abou-Sreca 2006).

PERANAN BAHAN PERASA

Bahan perasa seperti garam dan gula ditambah ke dalam mayonis untuk memberikan rasa yang diinginkan, di samping membekalkan kestabilan fizikal produk dan menghalang pertumbuhan mikroorganisma. Garam dapat memperbaiki sifat mayonis selain menyumbang kepada rasa masin. Kehadiran elektrolit seperti garam, telah terbukti berkesan dalam penstabilan cas antara titisan dalam emulsi minyak dalam air (Shafiei et al. 2022). Garam menjejaskan konformasi polimer ion dengan mengganggu interaksi elektrostatik antara rantai polimer yang seterusnya mempengaruhi kestabilan emulsi (Vernon-Carter & Sherman 1981). Penambahan garam menyebabkan peningkatan kelikatan emulsi yang dikaitkan dengan pengurangan daya tolakan elektrostatik antara zarah, manakala daya tarikan van der Waals kekal tidak berubah (Carrillo & Kokini 1988). Gula pula menyumbang kepada rasa manis dalam mayonis dan mengurangkan rasa masam yang terhasil daripada cuka (Duncan 2008). Penambahan garam dan gula juga dapat mengurangkan aktiviti air (Aw) dalam mayonis kerana kedua-dua bahan ini mengikat air melalui interaksi hidrogen dan daya ion-dipol (Goodarzi & Zendehboudi 2019). Semakin rendah aktiviti air, semakin panjang jangka hayat produk tersebut, kerana mikroorganisma hanya dapat hidup dengan kehadiran air 'bebas'. Jika tahap aktiviti air cukup rendah, mikroorganisma tidak dapat merosakkan makanan. Pelbagai jenis herba dan rempah seperti bawang putih, biji sawi, lada hitam dan selasih telah digunakan untuk

menghasilkan mayonis dengan pelbagai perisa yang dapat menambah kepelbagaian produk. Selain daripada memberi ciri organoleptik yang unik, penggunaan herba dan rempah juga memberikan sifat antimikrob dan sifat antioksidan yang dapat meningkatkan keselamatan dan kualiti produk mayonis yang dihasilkan (Yashin et al. 2017).

PERANAN PENGEMULSI

Mayonis memerlukan komponen yang berfungsi sebagai pengemulsi atau bahan aktif permukaan untuk menyerap titisan antara muka dalam mayonis, membentuk membran antara muka dan menggabungkan fasa tersebar dan fasa berterusan (Menezes et al. 2022). Bahan aktif permukaan seperti fosfolipid dalam kuning telur, protein, polisakarida dan rempah-rempah yang digunakan dalam mayonis sangat bergantung kepada jenis sos yang dihasilkan. Mayonis biasanya distabilkan oleh lapisan protein yang terserap pada antara muka emulsi minyak dalam air yang membentuk penghalang sterik di sekitar titisan (Aalami et al. 2023). Emulsi mayonis tradisi stabil dengan kehadiran kuning telur yang berfungsi sebagai pengemulsi mayonis untuk mencegah pengelompokan dengan mengelakkan titisan minyak daripada bergabung antara satu sama lain (Sackett, Pestka & Gisslen 2015). Hal ini kerana kuning telur mengandungi lesitin yang bersifat amfifilik, mampu menyalutkan permukaan minyak titisan dengan ekor hidrofobik mengikat ke fasa minyak dan kepala hidrofilik yang mengikat ke fasa air (Choublab & Winuprasith 2018). Namun begitu, satu masalah utama dengan kuning telur adalah kandungan kolesterol yang tinggi yang mendorong permintaan untuk membangunkan mayonis rendah kolesterol atau mayonis vegan dengan ciri yang serupa dengan mayonis tradisi (Fauziah et al. 2016). Untuk menghasilkan mayonis dengan sifat emulsi yang sesuai dan kestabilan yang tinggi, hidrokoloid yang bertindak sebagai pengemulsi atau agen penstrukturan dalam fasa berterusan boleh digunakan (Dickinson 2018).

PENGUNAAN HIDROKOLOID DALAM EMULSI MAYONIS

Hidrokoloid merupakan kumpulan polimer rantaian panjang yang mampu membentuk campuran pekat atau gam apabila disebarkan dalam air, iaitu bahan koloidal yang mempunyai afiniti tinggi terhadap air. Pada asalnya, hidrokoloid diperoleh daripada eksudat pokok, ekstrak tumbuhan atau rumpai laut, tepung biji butir padi, lendir melekit hasil proses fermentasi dan produk semula jadi (Wustenberg 2015). Kebelakangan ini, gam baharu dihasilkan melalui pengubahsuaian kimia dan derivatisasi gam semula jadi atau dikembangkan melalui sintesis kimia sepenuhnya untuk menghasilkan polimer baru (Glicksman 2019). Hidrokoloid mempunyai pelbagai sifat fungsian seperti mengubah reologi produk, pembentukan gel, pengemulsian, penstabilan emulsi dan meningkatkan sifat organoleptik, yang semakin mendapat perhatian dalam produk makanan, farmaseutikal, probiotik, perubatan dan

kosmetik (Burey et al. 2008). Antara jenis hidrokoloid yang sering digunakan dalam produk mayonis ialah gam xantan, gam guar, kanji, selulosa dan gam Arab.

GAM XANTAN

Gam xantan merupakan hidrokoloid mikrob yang dihasilkan melalui penapaian aerobik larutan glukosa atau sukrosa oleh bakteria *Xanthomonas campestris* atau *X. phaseoli* (Kang & Pettitt 1993). Struktur utama gam xantan terdiri daripada satu tulang belakang selulosik β -1,4-D-glukosa, yang digantikan pada residu glukosa gantian dengan rantai sisi trisakarida (Patel et al. 2020). Rantai sisi trisakarida ini mengandungi dua unit manosa yang dijarakkan oleh asid glukonik (Bhat et al. 2022). Kira-kira separuh hujung manosa disambung dengan kumpulan piruvat, manakala residu yang bukan hujung biasanya membawa kumpulan asetil (Jadav et al. 2023). Rajah 1 menunjukkan struktur utama gam xantan.

Kelikatan larutan xantan berbeza mengikut jenis *X. campestris* yang mempengaruhi kandungan asid piruvik dalam gam tersebut (Boland 2011). Strain *X. campestris* yang biasa digunakan dalam penghasilan gam xantan termasuk *X. campestris* pv. *manihotis* (nombor strain: 1182) dan *X. campestris* pv. *campestris* (nombor strain: 254 dan 629) (de Sousa Costa et al. 2014). Keterlarutan gam xantan adalah penting dalam mengekalkan kestabilan emulsi, khususnya dalam mengekalkan kelikatan mayonis sepanjang tempoh penyimpanan.

Gam xantan mempunyai pelbagai ciri unik, termasuk rintangan terhadap degradasi enzim serta kemampuan bertahan dalam pelbagai julat pH, kepekatan alkohol dan garam yang tinggi (Nateghi et al. 2012). Gam ini digunakan secara meluas dalam industri makanan kerana kelarutannya yang baik dalam larutan panas mahupun sejuk, kelikatan tinggi walaupun pada kepekatan rendah, serta kestabilan haba yang kukuh (Boland 2011). Dengan kepekatan yang sangat rendah, gam xantan membolehkan produk makanan mencapai tekstur, kelikatan dan kestabilan yang diinginkan, sambil mengurangkan interferens warna dan kos pengeluaran produk (de Sousa Costa et al. 2014). Kajian oleh Mandala, Savvas dan Kostaropoulos (2004) melaporkan bahawa penambahan gam xantan ke dalam emulsi minyak dalam air dapat memperbaiki sifat tekstur untuk mencapai profil tekstur yang dikehendaki. Namun begitu, penggunaan gam xantan dalam formulasi makanan berpotensi mengurangkan keamanan rasa produk.

Dalam industri makanan, gam xantan sering digunakan dalam emulsi minyak di dalam air kerana sifat pemekatannya yang cekap untuk meningkatkan kelikatan larutan. Gam xantan mempunyai kestabilan yang tinggi dalam pelbagai pH, suhu dan kekuatan ion, serta mampu mengekalkan kestabilan di bawah tekanan ricih semasa pemprosesan dan pembungkusan, sekali gus menghasilkan produk yang stabil dengan jangka hayat yang panjang (Petri 2015). Kajian oleh Chetana et al. (2019) menunjukkan

bahawa gam xantan dapat meningkatkan kestabilan emulsi mayonis dengan membentuk agregat berukuran lebih besar. Al-Sayed et al. (2012) dan Su et al. (2010) menggunakan gam xantan sebagai pengganti lemak dalam produk mayonis rendah lemak dan mendapati mayonis tersebut mempunyai kestabilan tinggi, ketekalan baik, serta tahap penerimaan pengguna yang tinggi.

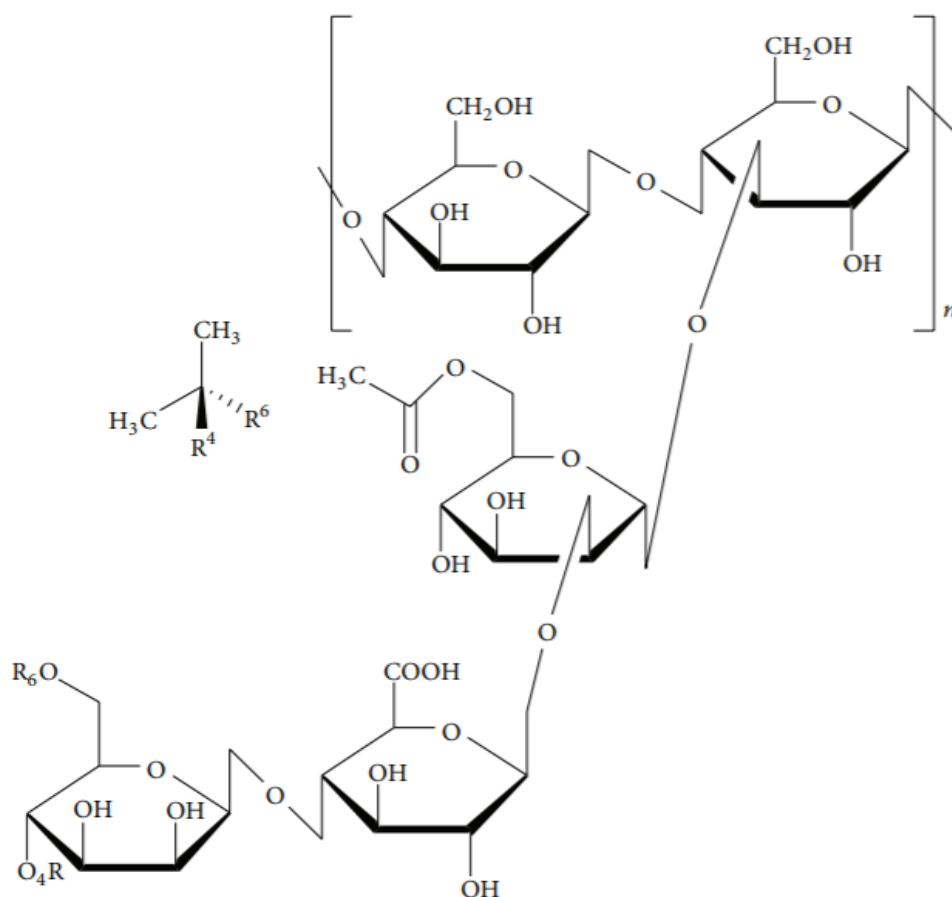
Gam xantan merupakan penstabil emulsi yang sering digunakan dalam produk sos kerana keupayaannya untuk memekat dan menstabilkan emulsi minyak dalam air, menghasilkan produk sos dengan kestabilan yang tinggi (Perrechil et al. 2010). Berdasarkan *International Numbering System* (INS) untuk bahan tambahan makanan, gam xantan dengan kod INS 415 mempunyai had maksimum penggunaan sebanyak 0.1 g/100 g dalam mayonis (Campos et al. 2015). Gam xantan juga sering digabungkan dengan pemekat lain untuk memberikan perilaku reologi yang dikehendaki dalam produk sos dan kuah (Perrechil et al. 2010). Sifat reologi sering digunakan untuk mengkaji pengaruh tekstur dalam formulasi mayonis yang berbeza kerana sifat reologi menyumbang kepada ciri tekstur secara kuantitatif (Su et al. 2010). Dalam produk mayonis, gam xantan biasanya digunakan bersama hidrokoloid lain untuk memberi tekstur, kelikatan, penampilan, kestabilan dan jangka hayat yang optimum.

GAM GUAR

Gam guar diperoleh daripada benih *Cyamopsis tetragonolobus* yang berfungsi sebagai pemekat dan penstabil dalam pelbagai produk makanan (Mudgil, Barak & Khatkar 2014). Gam guar terdiri daripada polisakarida galaktomanan, iaitu rantai linear (1-4)-pautan β -D-mannopiranosil dengan residu (1-6)-pautan α -D-galaktopiranosil sebagai rantai sampingan (Sharma et al. 2022), seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Kumpulan galaktosa dan mannosa ini membentuk struktur galaktomanan yang merupakan komponen utama endosperma biji guar. Galaktomanan menyumbang sekitar 75-85% daripada komposisi gam guar, diikuti oleh kelembapan (8-14%), protein (5-6%), serat (2-3%) dan abu (0.5-1.0%) (Mudgil, Barak & Khatkar 2014).

Gam guar dalam larutan akueus menunjukkan tingkah laku pseudoplastik, iaitu kelikatannya berkurang apabila kadar ricih meningkat, sebagaimana yang ditunjukkan oleh kebanyakan polimer bermolekul besar. Salah satu ciri paling ketara gam guar ialah keupayaannya untuk terhidrat dengan cepat dalam sistem air sejuk, lalu menghasilkan larutan yang sangat likat. Keupayaan ini, bersama dengan keserasiannya dalam emulsi berasid, menjadikannya sesuai digunakan sebagai agen pemekat dalam produk seperti mayonis (Mudgil, Barak & Khatkar 2014).

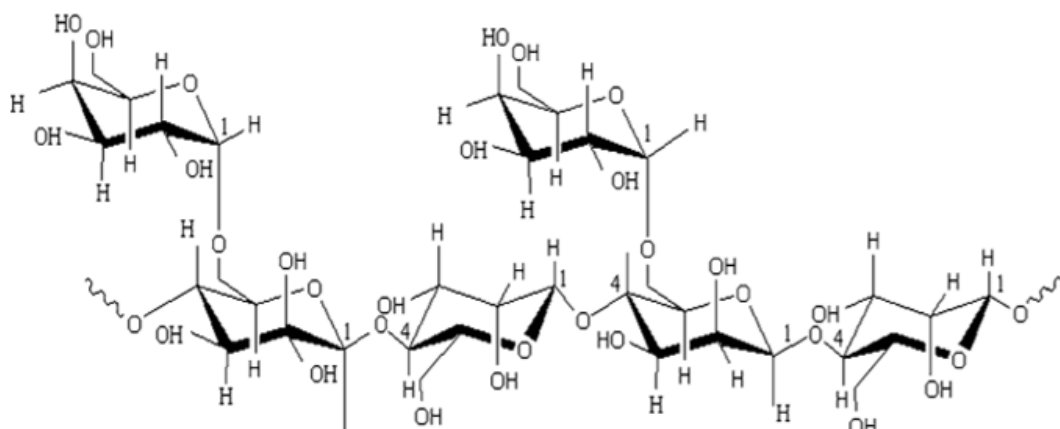
Dalam formulasi mayonis, gam guar berfungsi sebagai penstabil emulsi dengan meningkatkan kelikatan fasa air dan dengan itu mengurangkan kadar pemisahan fasa air dan minyak (Sokhal, Dasaraju & Bulasara 2019).



Sumber: de Sousa Costa et al. (2014)

RAJAH 1. Struktur utama gam xantan

α -D-galaktosa



Tulang belakang β -D-mannopiranosil

Sumber: Mudgil, Barak dan Khatkar (2014)

RAJAH 2. Struktur molekul gam guar

Secara komersial, gam guar sering digunakan bersama gam xantan untuk memberikan kesan sinergi terhadap kelikatan dalam sistem makanan (Zeece 2020). Dalam kajian Nikzade, Tehrani dan Saadatmand-Tarzjan (2012), gam guar, gam xantan dan mono- & digliserida digunakan untuk pembangunan mayonis rendah lemak dan kolesterol yang mengandungi minyak soya sebagai pengganti kuning telur (10%). Formulasi terbaik terdiri daripada campuran yang mengandungi 6.7% mono- & digliserida, 36.7% gam guar dan 56.7% gam xantan dengan jumlah pengemulsi sebanyak 0.36% dalam mayonis. Formulasi ini menunjukkan kestabilan emulsi (98.79%), kestabilan haba (92.64%), pekali ketekalan (61.88), kelikatan (3.39 Pa.s pada kadar ricih 50 s^{-1}), ketegasan (635.51 g), kelekatan (927.33 g), daya perekat (927.33 gs) dan penerimaan keseluruhan (3.49) yang tertinggi.

Gam guar yang dikelaskan di bawah kod INS 412, mempunyai had penggunaan maksimum sebanyak 0.1 g/100 g dalam mayonis (Campos et al. 2015). Gam guar mempunyai kestabilan asid yang lebih rendah berbanding dalam persekitaran neutral yang boleh menyebabkan penurunan kelikatan dan pemisahan emulsi dalam produk berasid. Walau bagaimanapun, hasil kajian Wang, Ellis dan Ross-Murphy (2000) menunjukkan bahawa gam guar masih sesuai digunakan dalam pemprosesan makanan berasid seperti mayonis, asalkan rawatan haba yang digunakan adalah ringan.

KANJI

Kebanyakan kanji terdiri daripada dua jenis polimer *D*-glukopiranos, iaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polimer linear α -*D*-glukopiranosil yang dihubungkan melalui ikatan glikosidik (1-4), seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3(a). Sebaliknya, amilopektin ialah polimer bercabang tinggi yang juga terdiri daripada unit α -*D*-glukopiranosil, namun mengandungi ikatan (1-4) pada rantai utama dan ikatan (1-6) pada titik percabangannya, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3(b).

Kanji merupakan pemekat hidrokoloid yang paling banyak digunakan dalam industri makanan disebabkan oleh harganya yang rendah, ketersediaan yang meluas, serta sifatnya yang tidak memberikan rasa ketara pada kepekatan antara 2% hingga 5% (Saha & Bhattacharya 2010). Secara semula jadi, kanji tidak larut dalam air sejuk. Namun, apabila dipanaskan, air panas menembusi granul kanji secara perlahan dan menyebabkan kanji membengkak (Babic et al. 2009). Apabila suhu menghampiri titik didih air, granul ini pecah dan membebaskan komponen dalaman ke dalam medium yang menyumbang kepada proses pengelatinan dan peningkatan kelikatan (Yang et al. 2025).

Gam kanji sering digunakan untuk mengubah sifat reologi atau tekstur, serta menstabilkan emulsi dalam produk makanan (Campos et al. 2015). Kajian Lee et al. (2013) mendapati mayonis rendah lemak yang diformulasikan

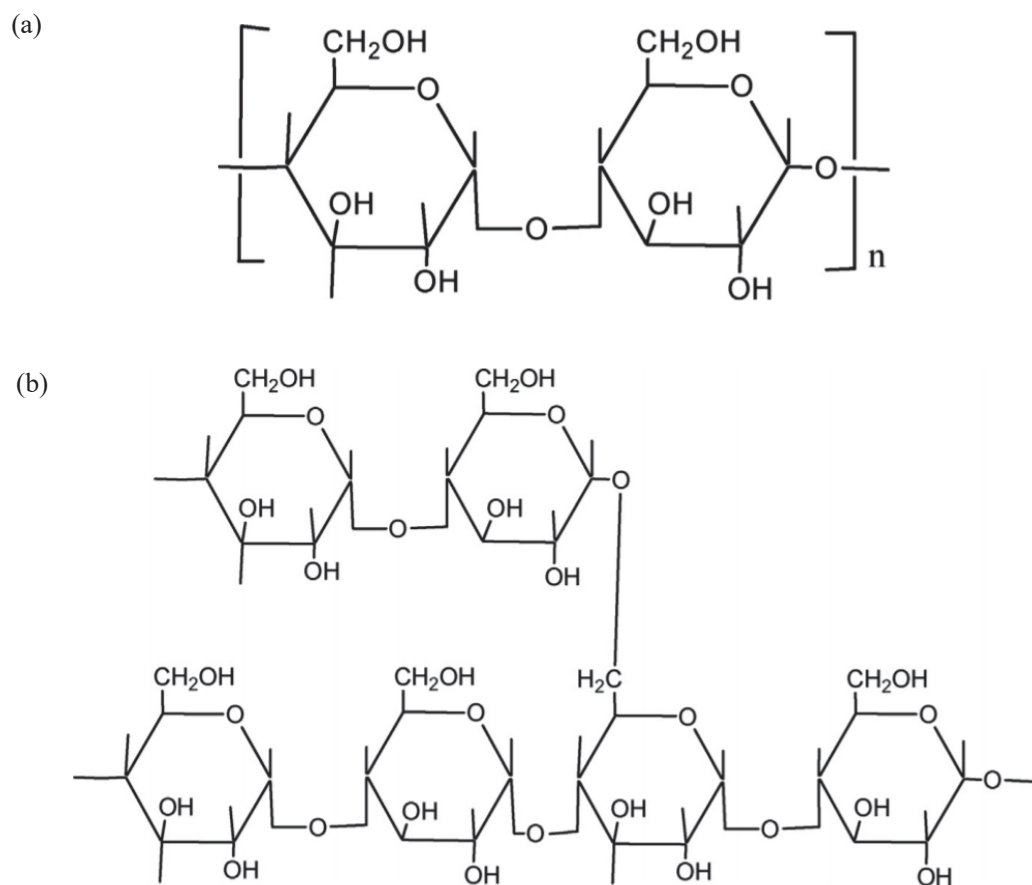
dengan menggantikan sebahagian minyak dengan kanji beras pengelatinan dan gam xantan menunjukkan kestabilan emulsi yang sangat baik, walaupun sehingga 30% minyak telah digantikan. Sementara itu, kajian Ghazaei et al. (2015) mendapati pengantian separa kuning telur sebanyak 75% dengan kanji kentang yang diubah suai dalam mayonis rendah lemak menunjukkan kestabilan emulsi melebihi 95% selepas penyimpanan selama 2 bulan pada suhu bilik.

Bagi hidrokoloid berasaskan kanji yang telah diubah suai, kod INS bergantung kepada jenis pengubahsuaian yang dilakukan. Sebagai contoh, dektrin diberi kod INS 1400, kanji yang dirawat dengan asid diberi kod INS 1401 dan kanji yang dirawat dengan alkali diberi kod INS 1402. Selain itu, kanji yang dioksidakan diberi kod INS 1404, manakala kanji yang dirawat dengan enzim diberi kod INS 1405. Beberapa pengubahsuaian lain seperti monokanji fosfat (INS 1410), dikanji gliserol (INS 1411) dan dikanji fosfat (INS 1412) juga mempunyai kod INS masing-masing. Tidak terdapat had maksimum penggunaan kanji yang diubah suai dalam mayonis kerana penggunaannya dianggap selamat dan tidak menimbulkan kebimbangan terhadap keselamatan pengguna (Mortensen et al. 2017).

SELULOSA

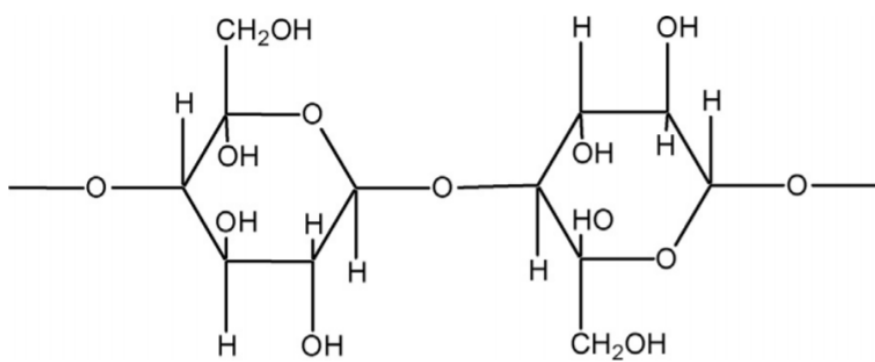
Selulosa merupakan polisakarida semula jadi berbentuk makromolekul yang terdiri daripada unit β -*D*-glukopiranos yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosida (Bratu & Popescu 2016). Rajah 4 menunjukkan struktur selulosa. Susunan kitaran glikosida dalam makromolekul selulosa membolehkan pembentukan ikatan hidrogen berganda antara molekul selulosa dan molekul air yang seterusnya menyumbang kepada kestabilan emulsi (Ashwini, Jyotsna & Indrani 2009). Setiap residu glukosa dalam rantai selulosa mempunyai tiga kumpulan hidroksil bebas yang membolehkannya menjalani pelbagai transformasi kimia. Terbitan selulosa yang terhasil daripada proses esterifikasi, seperti natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC), metilselulosa (MC), karboksimetil selulosa (CMC) dan hidroksipropil selulosa (HPC) adalah larut dalam air dan berpotensi digunakan sebagai agen hidrokoloid dalam aplikasi makanan (Bratu & Popescu 2016).

Selulosa mikrokristal dengan kod INS 460 dan natrium karboksimetil selulosa dengan kod INS 466 mempunyai had maksimum penggunaan sebanyak 0.1 g/100 g dalam mayonis (Campos et al. 2015). Kajian Heggset et al. (2020) mencadangkan bahawa mayonis rendah lemak yang dihasilkan dengan menggunakan selulosa nanofibril (NFC) sebagai agen viskosifikasi mengekalkan kestabilan visual sepanjang tempoh penyimpanan sebulan pada suhu bilik, walaupun perubahan dalam taburan saiz titisan dan sifat reologi menunjukkan berlakunya penyatuan yang ringan. Kajian Golchoobi et al. (2016) pula melaporkan bahawa penambahan NFC dapat meningkatkan ciri fizikokimia, reologi dan organoleptik dalam mayonis rendah lemak.



Sumber: Hassan et al. (2018)

RAJAH 3. Struktur kanji (a) Struktur amilosa dan (b) Struktur titik cabang dalam amilopektin



Sumber: Hassan et al. (2018)

RAJAH 4. Struktur selulosa

Secara keseluruhannya, penggunaan terbitan selulosa seperti selulosa mikrokristal, natrium karboksimetil selulosa dan selulosa nanofibril menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan kestabilan, sifat reologi serta kualiti keseluruhan produk mayonis rendah lemak. Oleh itu, terbitan selulosa boleh dianggap sebagai agen hidrokoloid yang bernilai dalam aplikasi makanan, terutamanya dalam formulasi produk rendah lemak.

GAM ARAB

Gam Arab, juga dikenali sebagai gam akasia, merupakan eksudat semula jadi yang diperolehi daripada pokok *Acacia senegal* (Rosland Abel et al. 2020). Gam ini merupakan polisakarida berat molekul tinggi yang terdiri daripada heteropolimer arabinogalaktan yang bercabang (Dickinson 2003). Struktur rantaian utamanya terdiri daripada unit 1,3 dan 1,6 *D*-galaktopiranosida serta asid uronik yang dikaitkan melalui ikatan 1,6-*D*-glukopiranosida. Cabangan sisi dalam gam Arab mengandungi pelbagai monosakarida, termasuk *D*-galaktopiranosida, *L*-arabinofuranosida, *L*-rhamnopiranosida dan *D*-asid glukuronik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.

Struktur gam Arab mengandungi komponen protein, iaitu kira-kira 2% daripada jumlah beratnya yang terikat secara kovalen pada rantaian polisakarida (Akiyama, Eda & Katō 1984). Kehadiran komponen protein ini memberikan sifat aktif permukaan kepada gam Arab, terutamanya dalam pecahan berat molekul tinggi yang merangkumi kurang daripada 30% daripada keseluruhan gam (Vandevelde & Fenyo 1985). Kajian Randall, Phillips dan Williams (1988) menunjukkan bahawa pecahan protein ini mempunyai keupayaan tinggi untuk menyerap pada antara permukaan minyak dan air, menjadikannya berkesan sebagai agen pengemulsi. Gam Arab digunakan secara meluas dalam industri makanan, terutamanya untuk meningkatkan kelikatan dan tekstur, sekali gus menyumbang kepada kualiti sensori produk yang diinginkan (Saha & Bhattacharya 2010). Di bawah kod INS 414, gam Arab dihadkan penggunaannya dalam mayonis kepada maksimum 0.1 g/100 g (Campos et al. 2015).

Kajian oleh Hashemi et al. (2018) berjaya menghasilkan mayonis berasaskan sumber semula jadi menggunakan gam Arab dan lisozim sebagai pengemulsi dan pengawet. Hasil kajian menunjukkan bahawa gabungan lisozim dan gam Arab dapat meningkatkan kestabilan emulsi dan sifat reologi mayonis yang dihasilkan. Kajian oleh Chivero et al. (2016) pula mendapati bahawa gam Arab mampu menghasilkan mayonis dengan sifat reologi yang setanding dengan produk komersial. Malah, kandungan minyak sehingga 60% berat berjaya diemulsikan menggunakan gam Arab sebagai bahan pengemulsi, walaupun kestabilan emulsi jangka panjang masih memerlukan kajian lanjut. Selain itu, kajian oleh Yao et al. (2013) menunjukkan bahawa penggunaan gam Arab melebihi kepekatan optimum (5%) dalam sistem emulsi minyak dalam air

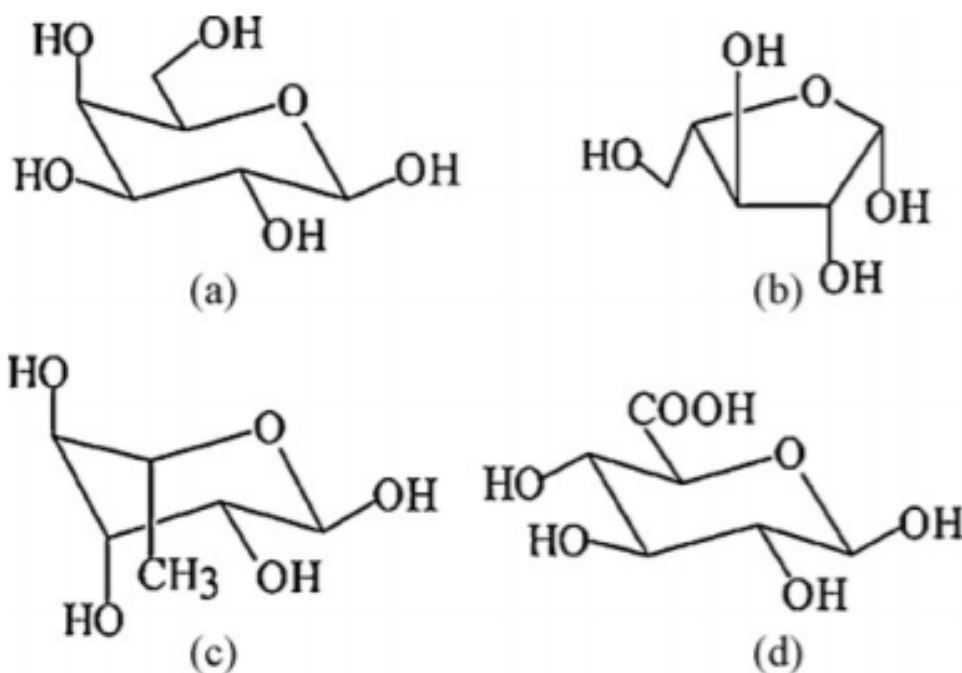
boleh meningkatkan risiko pengoksidaan yang akhirnya menjejaskan kestabilan fizikal akibat penyatuan fasa. Oleh itu, penentuan kepekatan gam Arab yang sesuai adalah kritikal untuk memastikan kestabilan dan mutu emulsi dalam produk seperti mayonis.

MEKANISME PENSTABILKAN EMULSI MAYONIS OLEH HIDROKOLOID

Emulsi minyak dalam air dalam mayonis merupakan sistem termodinamik yang tidak stabil dan mudah mengalami pemisahan fasa melalui pelbagai proses fizikokimia seperti pemisahan graviti, penyatuan, pengelompokan dan pematangan Ostwald (Quintana, Torregroza-Fuentes & García Zapateiro 2022). Justeru, pelbagai jenis hidrokoloid sering digunakan sebagai bahan tambahan makanan untuk mengelakkan pemisahan fasa dalam produk mayonis. Emulsi mayonis yang stabil dicirikan oleh titisan minyak yang kecil dan terpisah dengan baik di bawah, dengan pergerakan Brownian membantu memastikan titisan tersebut tersebar secara homogen dalam fasa berterusan (Dickinson 2009). Mekanisme penstabilan utama dalam emulsi minyak dalam air adalah berdasarkan teori penstabilan elektrostatik dan penstabilan sterik (Aryanti, Widiyasa & Susanto 2019).

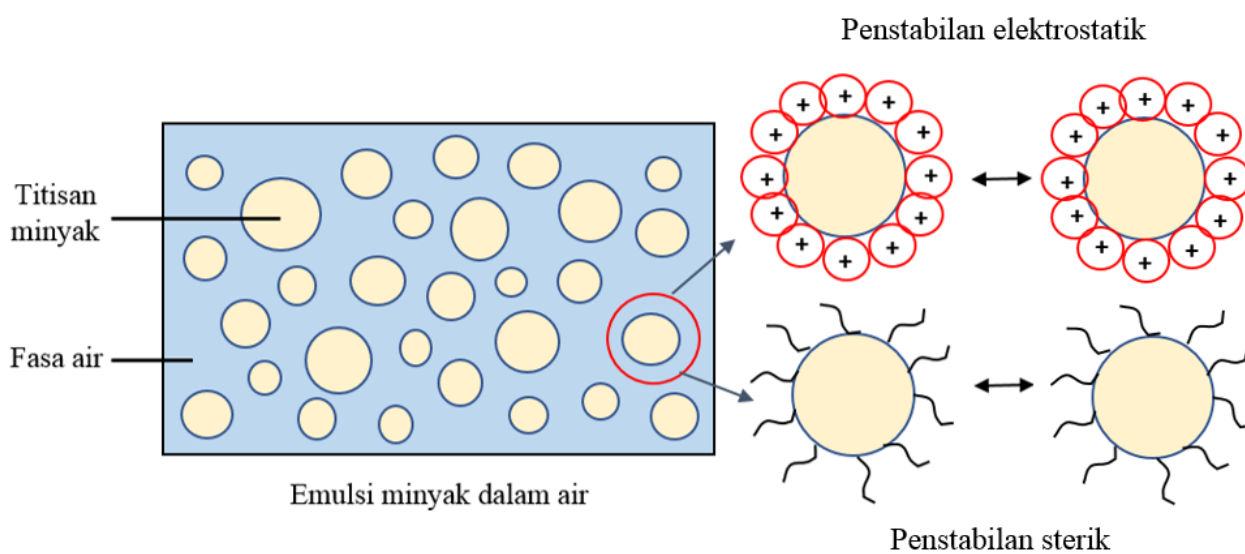
Penstabilan elektrostatik terhasil daripada kehadiran cas elektrik pada permukaan titisan atau pada lapisan penstabil yang terjerap pada permukaan titisan tersebut. Ketumpatan cas yang tinggi serta kepekatan elektrolit yang rendah dalam fasa berterusan boleh meningkatkan tolakan elektrostatik antara titisan, sekali gus mengurangkan kecenderungan untuk bergabung (Dickinson 2009). Penstabilan sterik pula berlaku disebabkan oleh kehadiran penghalang polimer (sterik) pada permukaan titisan (Tasliikh et al. 2022). Rajah 6 menunjukkan ilustrasi mekanisme penstabilan emulsi berdasarkan kedua-dua teori ini. Hidrokoloid bertindak sebagai agen penstabil sterik dengan melindungi titisan yang tersebar daripada pengagregatan dan penyatuan semasa pemprosesan dan penyimpanan dengan menyalut titisan minyak sebagai filem nipis dan meningkatkan kelikatan emulsi yang seterusnya mengurangkan pergerakan titisan dalam fasa tersebar (Dickinson 2018).

Dickinson (2018) menerangkan penstabilan sterik oleh hidrokoloid perlu memenuhi tiga syarat utama untuk memastikan keberkesanannya dalam sistem emulsi iaitu liputan permukaan yang menyeluruh, penjerapan yang kuat pada antara muka dan kewujudan lapisan terjerap yang tebal. Pertama, jumlah hidrokoloid yang mencukupi perlu ditambah semasa proses pengemulsian untuk memastikan permukaan antara minyak dan air yang baharu terbentuk dapat diliputi sepenuhnya. Kedua, molekul polimer penstabil harus mengekalkan keterikatan yang kukuh pada antara muka sepanjang jangka hayat sistem emulsi. Ketiga, lapisan terjerap mestilah mengandungi rantaian polimer terhidrat yang panjang dan mampu memanjang jauh ke dalam fasa akueus.



Sumber: Gils, Ray dan Sahoo (2010)

RAJAH 5. Struktur kimia utama dalam gam Arab
 (a): *D*-galaktopiranosa, (b): *L*-rhamnopiranosa,
 (c): *L*-rhamnopiranosa dan (d): *D*-asid glukuronik



RAJAH 6. Ilustrasi penstabilan emulsi minyak dalam air berdasarkan penstabilan elektrostatis dan penstabilan sterik

Secara umum, penggunaan hanya satu jenis hidrokoloid dalam formulasi mayonis rendah lemak atau mayonis vegan tidak mencukupi untuk menghasilkan ciri reologi dan sensori yang setanding dengan mayonis lemak penuh (Taslikh et al. 2022). Oleh itu, penggunaan gabungan dua atau lebih jenis hidrokoloid disyorkan kerana interaksi sinergistik antara hidrokoloid berbeza berpotensi menghasilkan ciri fungsian yang unik serta meningkatkan kestabilan emulsi dan keupayaan pengubahsuaian tekstur (Juszczak, Fortuna & Kośla 2003). Sebagai contoh, dalam kajian oleh Su et al. (2010), formulasi mayonis rendah lemak (40% minyak w/w) yang mengandungi campuran gam xantan (15 g/kg) dan gam guar (10 g/kg) pada kepekatan optimum berjaya menghasilkan sifat reologi dan saiz zarah yang lebih baik berbanding dengan formulasi yang hanya mengandungi satu jenis hidrokoloid. Keputusan ini mencadangkan interaksi sinergistik antara gam xantan dan gam guar yang menyumbang kepada ciri fizikokimia yang diinginkan dan kestabilan emulsi yang lebih baik. Industri makanan memanfaatkan interaksi sinergistik ini bukan sahaja untuk memperbaiki sifat reologi dan kestabilan produk, tetapi juga untuk mengurangkan kos pengeluaran dengan menggantikan bahan yang mahal dengan bahan alternatif yang lebih ekonomi tanpa menjejaskan kualiti produk akhir.

KESTABILAN JANGKA HAYAT MAYONIS DENGAN KEHADIRAN HIDROKOLOID

Produk mayonis komersial lazimnya mempunyai jangka hayat yang panjang, iaitu melebihi satu tahun tanpa perubahan ketara dari segi penerimaan organoleptik (Ariizumi et al. 2017). Kerosakan pada produk makanan boleh berlaku akibat perubahan mikrobiologi, biokimia dan sensori yang lain seperti kehilangan tekstur atau warna. Mayonis mempunyai rintangan terhadap kebanyakan mikroorganisma dan hanya beberapa kumpulan mikroorganisma tertentu yang boleh merosakkannya, seperti *Lactobacilli*, *Bacilli* dan *Yis* (Smittle 1977). Kajian Palma, Guerreiro dan Sá-Correia (2018) melaporkan *Zygosaccharomyces bailli* sebagai yis perosak utama yang sering merosakkan produk mayonis.

Pertumbuhan bakteria, khususnya bakteria patogen dalam mayonis biasanya terbatas disebabkan pH rendah produk tersebut. Asid asetik dan asid sitrik merupakan bahan pengawet antimikrob yang paling penting dalam mayonis. Formulasi mayonis dengan pH rendah dan penggunaan bahan tambahan antimikrob adalah amalan biasa untuk mengawal pertumbuhan yis, kulat dan bakteria (Smittle 2000). Pendekatan alternatif yang mampu mengekalkan kestabilan mikrob tanpa penggunaan pengawet sintetik sambil menghasilkan rasa kurang masam, amat bernilai dari sudut komersial (Gokoglu 2019). Rawatan termal berkesan untuk mengurangkan beban mikrob, tetapi tetapi risiko kemerosotan kestabilan emulsi dan penerimaan produk meningkat kerana mayonis sangat sensitif terhadap proses dan pengendalian yang boleh menyebabkan pemecahan emulsi.

Biasanya, mayonis yang disediakan dengan kaedah yang betul tidak akan menyokong pertumbuhan bakteria patogen. Oleh itu, jangka hayat produk mayonis sering ditentukan oleh perubahan kualiti dan bukan hanya keselamatan mikrob produk tersebut (Corrigan, Hedderley & Harvey 2012). Kerosakan emulsi dalam mayonis adalah berkaitan dengan pengoksidaan lemak atau kemerosotan agen pengemulsi yang menyebabkan pemisahan minyak dan seterusnya mengurangkan jangka hayat mayonis (Sagdic et al. 2017). Ketengikan yang berlaku akibat degradasi oksidatif atau hidrolitik menghasilkan bau dan rasa yang tidak diinginkan serta penghasilan sebatian toksik seperti hidroperoksida, aldehid, keton dan asid mudah meruap (Esfarjani et al. 2019).

Penggunaan hidrokoloid dalam mayonis dapat mengubah reologi berkaitan dengan kelakuan aliran (kelikatan) dan sifat mekanik pepejal (tekstur) dengan perubahan tekstur atau kelikatan dalam sistem mayonis dapat menyumbang kepada kestabilan emulsi dan pencegahan sineresis yang dapat meningkatkan kestabilan jangka hayat produk mayonis. Kajian Ali dan El Said (2020) menunjukkan bahawa penambahan gam Arab ke jumlah optimum, iaitu 100% daripada berat kuning telur dapat memanjangkan jangka hayat mayonis vegan dengan mengekalkan ciri fizikokimia, sifat sensori dan keselamatan mikrobiologi sepanjang 5 bulan penyimpanan pada suhu 5 °C. Selain itu, aktiviti antioksidan gam Arab yang tinggi turut menyumbang kepada kestabilan oksidatif mayonis vegan sepanjang tempoh tersebut.

Beberapa kajian lain telah menunjukkan potensi penggunaan hidrokoloid untuk meningkatkan kestabilan mayonis, termasuk kajian oleh Chetana et al. (2019), Mozafari et al. (2017) dan Puligundla, Cho dan Lee (2015). Prayitno et al. (2022) menegaskan bahawa kanji berfungsi sebagai agen pengikat yang berkesan dengan menahan air, mengurangkan kandungan air bebas, memekatkan tekstur dan menghalang sineresis, sekali gus memanjangkan jangka hayat produk. Tambahan pula, Tahmouzi et al. (2023) menjelaskan gam guar dapat mengurangkan kandungan peroksida dan mencegah penguraian lemak semasa penyimpanan, sekali gus meningkatkan kestabilan dan jangka hayat mayonis. Oleh itu, adalah jelas bahawa hidrokoloid memainkan peranan penting dalam penghasilan mayonis berkualiti tinggi yang dapat meningkatkan kualiti keseluruhan produk sepanjang tempoh penyimpanan.

KESIMPULAN

Sebagai bahan tambahan makanan yang penting, penggunaan hidrokoloid dalam produk mayonis telah membawa kemajuan signifikan dalam industri makanan. Antara hidrokoloid yang sering digunakan dalam produk mayonis termasuk gam xantan, gam guar, kanji, selulosa dan gam Arab. Peranan setiap hidrokoloid serta interaksi sinergistik dalam campuran hidrokoloid dalam produk mayonis turut dibincangkan dalam kajian. Penggunaan hidrokoloid membolehkan pembangunan mayonis

berkualiti tinggi dengan mengatasi cabaran teknikal seperti pemisahan minyak dan ketidakstabilan emulsi lain. Dengan memanfaatkan keupayaan hidrokoloid, pengeluar dapat menghasilkan produk mayonis yang lebih stabil, mempunyai jangka hayat lebih panjang serta kualiti keseluruhan yang dipertingkatkan.

PENGHARGAAN

Karya ini disokong oleh Dana Impak Perdana 2.0 (DIP-2024-008) dan Dana Inovasi (INOVASI-2018-004) yang disediakan oleh Universiti Kebangsaan Malaysia. Kami ingin merakamkan penghargaan kepada Jabatan Sains Makanan dan Pusat Inovasi Teknologi Manisan (MANIS), Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) kerana menyediakan segala kemudahan dan sumber yang diperlukan untuk penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Aalami, M., Rahbari, M., Ahmed, S.A., Mahoonak, A.S., Kashaninejad, M. & Hassanzadeh, H. 2023. Formulation of functional mayonnaise with defatted wheat germ flour as egg yolk substitute: Rheological, textural and stability analyses. *Korean Journal of Food Preservation* 30(3): 405-418.
- Abd Rashed, A., Md Noh, M.F., Mustafa Khalid, N., Ab Rahman, N., 'Izzah, Tasirin, A., Wan Omar, W.S., Mohd Naw, M.N., Jamilan, M.A. & Selamat, R. 2017. The nutritional composition of mayonnaise and salad dressing in the Malaysian market. *Sains Malaysiana* 46(1): 139-147.
- Akiyama, Y., Eda, S. & Katō, K. 1984. Gum arabic is a kind of arabinogalactan-protein. *Agricultural and Biological Chemistry* 48(1): 235-237.
- Ali, M.R. & EL Said, R.M. 2020. Assessment of the potential of Arabic gum as an antimicrobial and antioxidant agent in developing vegan "egg-free" mayonnaise. *Journal of Food Safety* 40(2): e12771.
- Al-Sayed, H., Rasmy, N., Rizk, I. & Yousef, E. 2012. Functional properties of some fat-replacers and their uses in preparation of reduced-fat mayonnaise. *World Journal of Dairy & Food Science* 7(1): 109-119.
- Ariizumi, M., Kubo, M., Handa, A., Hayakawa, T., Matsumiya, K. & Matsumura, Y. 2017. Influence of processing factors on the stability of model mayonnaise with whole egg during long-term storage. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 81(4): 803-811.
- Aryanti, N., Widiasta, I.N. & Susanto, H. 2019. Ultrafiltration of oil-in-water emulsion stabilized with surfactants. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 620(1): 012014.
- Ashwini, A., Jyotsna, R. & Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids* 23(3): 700-707.
- Babic, J., Subaric, D., Ackar, D., Kopjar, M. & Tiban, N. 2009. Acetylation and characterisation of corn starch. *Journal of Food Science and Technology* 46: 423-426.
- Bhat, I.M., Wani, S.M., Mir, S.A. & Masoodi, F.A. 2022. Advances in xanthan gum production, modifications and its applications. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 42: 102328.
- Boland, M. 2011. Whey protein. Dlm. *Handbook of Food Proteins*, disunting oleh Phillips, G.O. & Williams, P.A. Cambridge: Elsevier. hlm. 20-51.
- Bratu, M.G. & Popescu, E.C. 2016. Study on the use of thickeners for obtaining low fat mayonnaises. *Annals: Food Science and Technology* 17(2): 289-292.
- Burey, P., Bhandari, B.R., Howes, T. & Gidley, M.J. 2008. Hydrocolloid gel particles: Formation, characterization, and application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(5): 361-377.
- Campos, J.M., Stamford, T.L.M., Rufino, R.D., Luna, J.M., Stamford, T.C.M. & Sarubbo, L.A. 2015. Formulation of mayonnaise with the addition of a bioemulsifier isolated from *Candida utilis*. *Toxicology Reports* 24(2): 1164-1170.
- Carrillo, A.R. & Kokini, J.L. 1988. Effect of egg yolk and egg yolk + salt on rheological properties and particle size distribution of model oil-in- water salad dressing emulsions. *Journal of Food Science* 53(5): 1352-1354.
- Chetana, R., Bhavana, K.P., Babylatha, R., Geetha, V. & Suresh Kumar, G. 2019. Studies on eggless mayonnaise from rice bran and sesame oils. *Journal of Food Science and Technology* 56(6): 3117-3125.
- Chirife, J., Vigo, M., Gomez, R. & Favetto, G.J. 1989. Water activity and chemical composition of mayonnaises. *Journal of Food Science* 54(6): 1658-1659.
- Chivero, P., Gohtani, S., Yoshii, H. & Nakamura, A. 2016. Assessment of soy soluble polysaccharide, gum arabic and OSA-Starch as emulsifiers for mayonnaise-like emulsions. *LWT - Food Science and Technology* 69: 59-66.
- Choublab, P. & Winuprasith. 2018. Storage stability of mayonnaise using mangosteen nanofibrillated cellulose. *Journal of Food Science and Agricultural Technology* 4: 59-66.
- Corrigan, V., Hedderley, D. & Harvey, W. 2012. Modeling the shelf life of fruit-filled snack bars using survival analysis and sensory profiling techniques. *Journal of Sensory Studies* 27(6): 403-416.
- de Menezes, R.C.F., de Carvalho Gomes, Q.C., de Almeida, B.S., de Matos, M.F.R. & Pinto, L.C. 2022. Plant-based mayonnaise: Trending ingredients for innovative products. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 30: 100599.

- de Sousa Costa, L.A., Inomata Campos, M., Izabel Druzian, J., de Oliveira, A.M. & de Oliveira Junior, E.N. 2014. Biosynthesis of xanthan gum from fermenting shrimp shell: Yield and apparent viscosity. *International Journal of Polymer Science* 2014: 273650.
- Dickinson, E. 2018. Hydrocolloids acting as emulsifying agents - How do they do it? *Food Hydrocolloids* 78: 2-14.
- Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids and emulsion stability. Dlm. *Handbook of Hydrocolloids*, Edisi ke-2. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. hlm. 23-49.
- Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17(1): 25-39.
- Duncan, S.E. 2008. Fat: Mayonnaise. Dlm. *Food Processing: Principle and Application*, disunting oleh Smith, J.S. & Hui, Y.H. Iowa: John Wiley & Sons, Inc. hlm. 329-341.
- Esfarjani, F., Khoshtinat, K., Zargaraan, A., Mohammadi-Nasrabadi, F., Salmani, Y., Saghafi, Z., Hosseini, H. & Bahmaei, M. 2019. Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants. *Food Science & Nutrition* 7(7): 2302-2311.
- Fauziah, C.I., Zaibunnisa, A.H., Osman, H. & Wan Aida, W.M. 2016. Physicochemical analysis of cholesterol-reduced egg yolk powder and its application in mayonnaise. *International Food Research Journal* 23(2): 575-582.
- Gaikwad, M.P., Syed, H.M. & Shinde, D.D. 2017. To study the physico chemical properties of flavoured mayonnaise. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(5): 6-9.
- Ghazaei, S., Mizani, M., Piravi-Vanak, Z. & Alimi, M. 2015. Particle size and cholesterol content of a mayonnaise formulated by OSA-modified potato starch. *Food Science and Technology (Campinas)* 35(1): 150-156.
- Gils, P.S., Ray, D. & Sahoo, P.K. 2010. Designing of silver nanoparticles in gum arabic based semi-IPN hydrogel. *International Journal of Biological Macromolecules* 46(2): 237-244.
- Glicksman, M. 2019. Background and classification. *Food Hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press.
- Gokoglu, N. 2019. Novel natural food preservatives and applications in seafood preservation: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99(5): 2068-2077.
- Golchoobi, L., Alimi, M., Shokoohi, S. & Yousefi, H. 2016. Interaction between nanofibrillated cellulose with guar gum and carboxy methyl cellulose in low-fat mayonnaise. *Journal of Texture Studies* 47(5): 403-412.
- Goodarzi, F. & Zendejboudi, S. 2019. Effects of salt and surfactant on interfacial characteristics of water/oil systems: Molecular dynamic simulations and dissipative particle dynamics. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 58(20): 8817-8834.
- Haniff, M., Yahaya, S.A., Aziz, N.S., Wan Mustapha, W.A., Sofian-Seng, N., Rahman, H.A., Mohd Razali, N.S. & Lim, S.J. 2020. Development of carotenoid-rich mayonnaise using carotino oil. *Journal of Food Processing and Preservation* 44(9): e14688.
- Hashemi, M., Aminlari, M., Forouzan, M., Moghimi, E., Tavana, M., Shekarforoush, S. & Mohammadifar, M. 2018. Production and application of lysozyme-gum arabic conjugate in mayonnaise as a natural preservative and emulsifier. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 68(1): 33-43.
- Hassan, B., Chatha, S.A.S., Hussain, A.I., Zia, K.M. & Akhtar, N. 2018. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* 109: 1095-1107.
- Hassan, N.M.K. & Abou-Sreca, N.A. 2006. Risk assessment of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* contamination in commercial reduced calorie mayonnaise. *Assiut Veterinary Medical Journal* 52(109): 79-92.
- Heggset, E.B., Aen, R., Veslum, T., Henriksson, M., Simon, S. & Syverud, K. 2020. Cellulose nanofibrils as rheology modifier in mayonnaise - A pilot scale demonstration. *Food Hydrocolloids* 108(2): 106084.
- Jadav, M., Pooja, D., Adams, D.J. & Kulhari, H. 2023. Advances in xanthan gum-based systems for the delivery of therapeutic agents. *Pharmaceutics* 15(2): 402.
- Juszczak, L., Fortuna, T. & Kośla, A. 2003. Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise. *Food/Nahrung* 47(4): 232-235.
- Kang, K.S. & Pettitt, D.J. 1993. Xanthan, gellan, welan, and rhamsan. Dlm. *Industrial Gums: Polysaccharides and Their Derivatives*, disunting oleh Whistler, R.L. & BeMiller, J.N. New York: Academic Press. hlm. 341-397.
- Karupaiah, T., Chuah, K.A., Chinna, K., Matsuoka, R., Masuda, Y., Sundram, K. & Sugano, M. 2016. Comparing effects of soybean oil- and palm olein-based mayonnaise consumption on the plasma lipid and lipoprotein profiles in human subjects: A double-blind randomized controlled trial with cross-over design. *Lipids in Health and Disease* 15(1): 131.
- Kementerian Kesihatan Malaysia. 1985. *Peraturan-Peraturan Makanan 1985*. Petaling Jaya: International Law Book Service.

- Lee, I., Lee, S., Lee, N. & Ko, S. 2013. Reduced-fat mayonnaise formulated with gelatinized rice starch and xanthan gum. *Cereal Chemistry* 90(1): 29-34.
- Lewis, M.J. & Heppel, N.J. 2000. Continues thermal processing of foods, pasteurization and UHT sterilization. Gaitersburg: Aspen Publisher.
- Mandala, I.G., Savvas, T.P. & Kostaropoulos, A.E. 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering* 64(3): 335-342.
- Maszevska, M., Florowska, A., Dłużewska, E., Wroniak, M., Marciniak-Lukasiak, K. & Żbikowska, A. 2018. Oxidative stability of selected edible oils. *Molecules* 23(7): 1746.
- Mirzanajafi-Zanjani, M., Yousefi, M. & Ehsani, A. 2019. Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food Science and Nutrition* 7(8): 2471-2484.
- Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Dusemund, B., Frutos, M.J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Parent-Massin, D., Oskarsson, A., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Wright, M., Younes, M., Tobback, P., Horvath, Z., Tasiopoulou, S. & Woutersen, R.A. 2017. Re-evaluation of oxidised starch (E 1404), monostarch phosphate (E 1410), distarch phosphate (E 1412), phosphated distarch phosphate (E 1413), acetylated distarch phosphate (E 1414), acetylated starch (E 1420), acetylated distarch adipate (E 1422), hydrox. *EFSA Journal* 15(10): e04911.
- Mozafari, H.R., Hosseini, E., Hojjatoleslami, M., Mohebbi, G.H. & Jannati, N. 2017. Optimization low-fat and low cholesterol mayonnaise production by central composite design. *Journal of Food Science and Technology* 54(3): 591-600.
- Mudgil, D., Barak, S. & Khatkar, B.S. 2014. Guar gum: Processing, properties and food applications-A Review. *J. Food Sci. Technol.* 51(3): 409-418.
- Nateghi, L., Roohinejad, S., Totousaus, A., Mirhosseini, H., Shuhaimi, M., Meimandipour, A., Omidzadeh, A. & Manap, M.Y.A. 2012. Optimization of textural properties and formulation of reduced fat Cheddar cheeses containing fat replacers. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10(2): 46-54.
- Nikzade, V., Tehrani, M.M. & Saadatmand-Tarzjan, M. 2012. Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach. *Food Hydrocolloids* 28(2): 344-352.
- Palma, M., Guerreiro, J.F. & Sá-Correia, I. 2018. Adaptive response and tolerance to acetic acid in *Saccharomyces cerevisiae* and *Zygosaccharomyces bailii*: A physiological genomics perspective. *Frontiers in Microbiology* 9: 274.
- Patel, J., Maji, B., Moorthy, N.S.H.N. & Maiti, S. 2020. Xanthan gum derivatives: Review of synthesis, properties and diverse applications. *RSC Advances* 10(45): 27103-27136.
- Perrechil, F.d-A., Santana, R.de-C., Fasolin, L.H., da Silva, C.A.S. & da Cunha, R.L. 2010. Rheological and structural evaluations of commercial italian salad dressings. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30(2): 477-482.
- Petri, D.F.S. 2015. Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. *Journal of Applied Polymer Science* 132(23): 42035.
- Prayitno, C.P., Wijaya, A., Pratama, F. & Yanuriati, A. 2022. Low fat premixed mayonnaise block used OSA-corn starch as egg yolk replacer plus corn starch binding agent. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 33(1): 21-27.
- Puligundla, P., Cho, Y.H. & Lee, Y.T. 2015. Physicochemical and sensory properties of reduced-fat mayonnaise formulations prepared with rice starch and starch-gum mixtures. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 27(6): 463-468.
- Quintana, S.E., Torregroza-Fuentes, E. & García Zapateiro, L.A. 2022. Development of dressing-type emulsion with hydrocolloids from butternut squash seed: Effect of additives on emulsion stability. *Gels* 8(4): 209.
- Randall, R.C., Phillips, G.O. & Williams, P.A. 1988. The role of the proteinaceous component on the emulsifying properties of gum arabic. *Food Hydrocolloids* 2(2): 131-140.
- Rosland Abel, S.E., Yusof, Y.A., Chin, N.L., Chang, L.S., Ghazali, H.M., Ghani, M.A. & Ishak, I. 2020. The effect of particle size on the physical properties of Arabic gum powder. *Journal of Food Process Engineering* 43(4): e13368.
- Sackett, L., Pestka, J. & Gisslen, W. 2015. *Professional Grade Manger: A Comprehensive Guide to Cold Food Preparation*. Edisi ke-1. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Sagdic, O., Tornuk, F., Karasu, S., Durak, M.Z. & Arici, M. 2016. Microbial ecology of mayonnaise, margarine, and sauces. Dlm. *Quantitative Microbiology in Food Processing - Modeling the Microbial Ecology*, Edisi 1, disunting oleh Sant'Ana, A.d-S. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. hlm. 519-532.
- Saha, D. & Bhattacharya, S. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *Journal of Food Science and Technology* 47(6): 587-597.
- Ševelová, M. & Golian, J. 2019. Application of natural substances to reduce pH value of egg-based mayonnaise products. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc/Food Science Technology Quality* 119(2): 110-123.

- Shafiei, M., Kazemzadeh, Y., Shirazy, G.M. & Riaz, M. 2022. Evaluating the role of salts on emulsion properties during water-based enhanced oil recovery: Ion type, concentration, and water content. *Journal of Molecular Liquids* 364: 120028.
- Sharma, P., Sharma, S., Ramakrishna, G., Srivastava, H. & Gaikwad, K. 2022. A comprehensive review on leguminous galactomannans: Structural analysis, functional properties, biosynthesis process and industrial applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62(2): 443-465.
- Sirison, J., Rirermwong, A., Tanwisut, N. & Meaksan, T. 2017. Salad cream formulated with tofu and coconut oil. *British Food Journal* 119(10): 2194-2202.
- Smittle, R.B. 2000. Microbiological safety of mayonnaise, salad dressings, and sauces produced in the United States: A review. *Journal of Food Protection* 63(8): 1144-1153.
- Smittle, R.B. 1977. Microbiology of mayonnaise and salad dressing: A review. *Journal of Food Protection* 40(6): 415-422.
- Sokhal, K.S., Dasaroju, G. & Bulasara, V.K. 2019. Formation, stability and comparison of water/oil emulsion using gum arabic and guar gum and effect of aging of polymers on drag reduction percentage in water/oil flow. *Vacuum* 159: 247-253.
- Su, H., Lien, C., Lee, T. & Ho, J. 2010. Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(5): 806-812.
- Tahmouzi, S., Meftahizadeh, H., Eyshi, S., Mahmoudzadeh, A., Alizadeh, B., Mollakhalili-Meybodi, N. & Hatami, M. 2023. Application of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) gum in food technologies: A review of properties and mechanisms of action. *Food Science & Nutrition* 11(9): 4869-4897.
- Taslikh, M., Mollakhalili-Meybodi, N., Alizadeh, A.M., Mousavi, M.M., Nayebzadeh, K. & Mortazavian, A.M. 2022. Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion. *Journal of Food Science and Technology* 59(6): 2108-2116.
- USDA. 2024. *Mayonnaise, regular*. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/2710204/nutrients>. Diakses pada 23 Mei 2025.
- Vandavelde, M.C. & Fenyo, J.C. 1985. Macromolecular distribution of *Acacia senegal* gum (gum arabic) by size-exclusion chromatography. *Carbohydrate Polymers* 5(4): 251-273.
- Vernon-Carter, E.J. & Sherman, P. 1981. Rheological properties and applications of mesquite tree (*Prosopis juliflora*) gum 4. Rheological properties of mesquite gum films at the oil-water interface. *Journal of Dispersion Science and Technology* 2(4): 399-413.
- Wang, Q., Ellis, P.R. & Ross-Murphy, S.B. 2000. The stability of guar gum in an aqueous system under acidic conditions. *Food Hydrocolloids* 14(2): 129-134.
- Wiguna, B., Kahfi, J., Aji, G.K., Rachman, D., Sofian Nasori, A., Muhamaludin, M., Maryana, E., Atmaji, P., Taniwiryono, D., Purwanto, W. & Susetyo, I.B. 2023. The influence of virgin red palm oil on the physical and textural properties of various vegetablefull-fat mayonnaise. *Sains Malaysiana* 52(10): 2843-2854.
- Wustenberg, T. 2015. General overview of food hydrocolloids. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Application*. Edisi 1, disunting oleh Wüstenberg, T. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Yang, S., Hu, W., Qiao, S., Song, W. & Tan, W. 2025. Advances in processing techniques and determinants of sweet potato starch gelatinization. *Foods* 14(4): 545.
- Yao, X., Xu, Q., Tian, D., Wang, N., Fang, Y., Deng, Z., Phillips, G.O. & Lu, J. 2013. Physical and chemical stability of gum Arabic-stabilized conjugated linoleic acid oil-in-water emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(19): 4639-4645.
- Yashin, A., Yashin, Y., Xia, X. & Nemzer, B. 2017. Antioxidant activity of spices and their impact on human health: A review. *Antioxidants* 6(3): 70.
- Zeece, M. 2020. Carbohydrates. Dlm. *Introduction to the Chemistry of Food*. Cambridge: Academic Press. Hlm. 81-215.

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: zhiyin@ukm.edu.my