

PERAN PENSTABIL PADA *PLANT-BASED* YOGHURT

THE ROLE OF STABILIZER IN PLANT-BASED YOGHURT

Zefanya Soewangsa¹, L. M. Yulian Dwiputranti Darmoatmodjo²

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²Dosen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

foodtech.zefanya.s.21@ukwms.ac.id

Abstrak

Perubahan preferensi konsumen terhadap produk pangan menyebabkan perkembangan produk olahan nabati meningkat pesat selama beberapa tahun terakhir. Produk *plant-based* yoghurt merupakan salah satu produk fermentasi yang terbuat dari sari tumbuhan, penstabil, dan dapat ditambahkan perisa. Penstabil untuk *plant-based* yoghurt yang sering digunakan meliputi kelompok protein, hidrokoloid, dan karbohidrat. Pembentukan tekstur kokoh dan meminimalisasi terjadinya sineresis telah menjadi tantangan terbesar dalam pembuatan *plant-based* yoghurt. Pemerangkapan air yang rendah terutama disebabkan oleh struktur jaringan gel tiga dimensi yang tidak stabil dari *plant-based* yoghurt. Terjadinya destabilisasi struktur protein nabati pada *plant-based* yoghurt yang disebabkan oleh fermentasi dapat menyebabkan melemahnya struktur gel produk dan pemisahan fase air selama penyimpanan berlangsung. Sineresis pada *plant-based* yoghurt dapat terjadi karena formulasi bahan yang tidak tepat, perlakuan panas dan homogenisasi yang tidak memadai, pemilihan kultur bakteri yang tidak tepat, kesalahan dalam kombinasi waktu atau temperatur inkubasi, pendinginan yang cepat, pengasaman, pengocokan, dan perubahan struktur gel selama pengangkutan maupun pemasaran. Tekstur yang terbentuk pada *plant-based* yoghurt untuk setiap kelompok penstabil memiliki persamaan dan perbedaan dikarenakan adanya komponen maupun karakteristik fisikokimia yang berbeda dari segi kandungan gizi, komposisi, ukuran, perbedaan metode pembuatan, dan luas permukaan. Penulisan review ini untuk mengetahui peran penstabil dalam membentuk dan mempertahankan tekstur kokoh pada *plant-based* yoghurt selama penyimpanan.

Kata kunci: penstabil, *plant-based* yoghurt, sineresis, tekstur

Abstract

Changes in consumer preferences for food products have caused the development of *plant-based* processed products to increase rapidly over the past few years. *Plant-based* yoghurt is one of the fermented products made from plant juice, stabilizers, and flavors can be added. Stabilizers for *plant-based* yoghurt that are often used include protein, hydrocolloid, and carbohydrate groups. Forming a firm texture and minimizing the occurrence of syneresis has been the biggest challenge in the manufacture of *plant-based* yoghurt. The low water capture is mainly due to the unstable three-dimensional gel network structure of *plant-based* yoghurt. The destabilization of plant protein structure in *plant-based* yoghurt caused by fermentation can lead to the weakening of product gel structure and water phase separation during storage. Syneresis in *plant-based* yoghurt can occur due to improper formulation of ingredients, inadequate heat treatment and homogenization, improper selection of bacterial cultures, errors in the combination of incubation time or temperature, rapid cooling, acidification, shaking, and changes in gel structure during transportation and marketing. The texture formed in *plant-based* yoghurt for each stabilizer group has similarities and differences due to the different components and physicochemical characteristics in terms of nutritional content, composition, size, differences in manufacturing methods, and surface area. This paper reviewed the role of stabilizers in forming and maintaining a firm texture in *plant-based* yoghurt during storages.

Keywords: *plant-based* yoghurt, stabilizer, syneresis, texture

PENDAHULUAN

Sejak tahun 2017, industri makanan telah mengalami perubahan besar dalam preferensi masyarakat untuk pemilihan makanan

dikarenakan semakin banyaknya peminat produk olahan nabati untuk alasan kesehatan, lingkungan, dan etika (Huang et al., 2022).

Beberapa contoh hasil hewani dan turunannya seperti susu, daging, keju, dan *yoghurt* sudah dapat diperoleh dari hasil olahan nabati (Waehrens et al., 2023), namun produk nabati yang diolah menyerupai produk turunan susu lebih banyak diminati masyarakat. Salah satu produk turunan susu dari bahan nabati yaitu *plant-based yoghurt*. *Plant-based yoghurt* dikenal rendah kalori & baik untuk konsumen yang memiliki alergi pada protein susu atau penderita *lactose intolerance* (Dhakal et al., 2023).

Bahan pembuatan *plant-based yoghurt* yaitu sari tumbuhan, penstabil, dan dapat ditambahkan perisa (Part et al., 2023). *Plant-based yoghurt* dapat diolah dari sari kacang almond (Devnani et al., 2022), kacang mete (Shori et al., 2022), kedelai (Huang et al., 2022), gandum (K. Li et al., 2023), kacang polong (Ma et al., 2021), lupin (Vieira et al., 2022) dan juga kelapa (Naibaho et al., 2022). *Plant-based yoghurt* seringkali juga difortifikasi dengan vitamin dan mineral, dengan B12 dan kalsium yang paling banyak digunakan (Clegg et al., 2021; Paul et al., 2020). Peralihan dari *dairy* menjadi *plant-based yoghurt* memang dapat mengurangi konsumsi asam lemak jenuh dan kolesterol, tetapi juga mengubah tekstur dari *yoghurt*.

Tekstur *plant-based yoghurt* seringkali cenderung encer dibandingkan *yoghurt* dari bahan susu. Beberapa upaya yang telah dilakukan untuk memperkuat struktur jaringan gel *plant-based yoghurt* yaitu dengan penambahan protein seperti *whey* bubuk (H. Shi et al., 2020) dan protein rami (Xu et al., 2022), penambahan hidrokoloid seperti *xanthan gum* dan pektin (H. Shi et al., 2020) maupun penambahan karbohidrat seperti maizena (Yilmaz-Ersan & Topcuoglu, 2022) dan juga tepung tapioka (Pachekrepapol et al., 2021).

Selain dapat memperkuat struktur jaringan gel, penambahan bahan seperti protein, hidrokoloid, ataupun karbohidrat juga bisa berperan sebagai penstabil sehingga meminimalisasi sineresis. Oleh karena itu, tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengkaji peran penstabil dari protein, hidrokoloid, ataupun karbohidrat dalam membentuk karakteristik tekstur pada *plant-based yoghurt*.

MEKANISME PEMBUATAN *PLANT-BASED* YOGHURT

Yoghurt merupakan produk susu fermentasi dengan nilai gizi, manfaat terapeutik, dan popularitas yang luas di pasar produk susu (Yilmaz-Ersan & Topcuoglu, 2022). *Yoghurt* memiliki kandungan gizi yang cukup banyak dan juga dapat dicerna dengan baik sehingga bioavailabilitas nutrisinya tinggi. Adanya proses pemanasan pada pembuatan *yoghurt* dan perbedaan kadar lemak menyebabkan perlu penetapan syarat mutu *yoghurt*. Syarat mutu merupakan salah satu ketentuan yang harus diperhatikan dalam pembuatan *yoghurt*, seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat mutu *yoghurt* berdasarkan SNI 01-2981

No	Kriteria	Satuan	Yoghurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi			Yoghurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi		
			Y	YRL	YTL	Y	YRL	YTL
1.	Keadaan		cairan kental - padat			cairan kental - padat		
1.1	Penampakan	-	normal/khas			normal/khas		
1.2	Bau	-	asam/khas			asam/khas		
1.3	Rasa	-	homogen			homogen		
1.4	Konsistensi	-						
2.	Kadar Lemak (b/b)	%	min 3,0	0,6 – 2,9	maks 0,5	min 3,0	0,6 – 2,9	maks 0,5
3.	Total padatan susu bukan lemak (b/b)	%	min. 8,2			min. 8,2		
4.	Protein (b/b)	%	min. 2,7			min. 2,7		
5.	Kadar Abu (b/b)	%	maks. 1,0			maks. 1,0		
6.	Keasaman (dihitung sebagai asam laktat)(b/b)		0,5 – 2,0			0,5 – 2,0		
7.	Cemaran logam							
7.1	Timbal	mg/kg	maks. 0,3			maks. 0,3		
7.2	Tembaga	mg/kg	maks. 20,0			maks. 20,0		
7.3	Timah	mg/kg	maks. 40,0			maks. 40,0		
7.4	Raksa	mg/kg	maks. 0,03			maks. 0,03		
8.	Arsen	mg/kg	maks. 0,1			maks. 0,1		
9.	Cemaran mikroba							
9.1	Bakteri coliform	APM/g atau koloni/g	maks. 10			maks.10		
9.2	<i>Salmonella</i>	-	negatif/25 g			negatif /25 g		
9.3	<i>Listeria monocytogenes</i>	-	negatif/25 g			negatif/25 g		
10.	Jumlah bakteri starter*	Koloni/g	min. 10 ⁷			-		

*sesuai dengan pasal 2 (istilah dan defenisi)

Keterangan: Y = *yoghurt*YRL = *yoghurt* rendah lemakYTL = *yoghurt* tanpa lemak

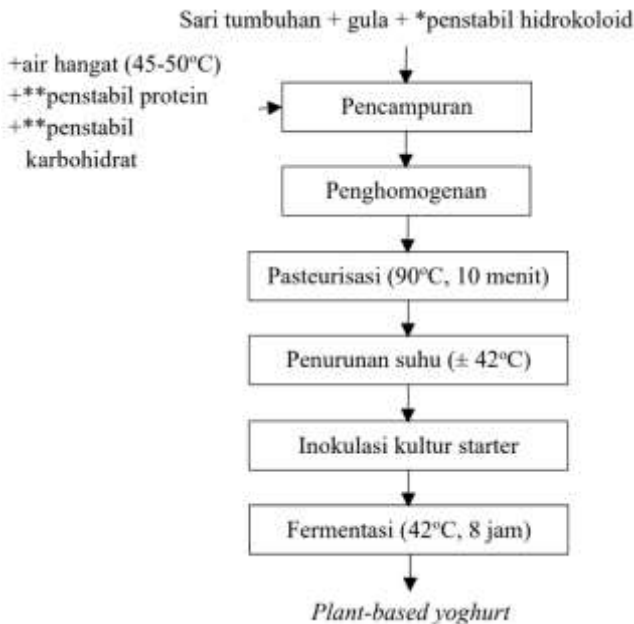
Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2009)

Plant-based yoghurt dibuat dengan memfermentasi sari tumbuhan dari sereal, kacang-kacangan, maupun bubur buah (Mäkinen et al., 2016) dan memiliki retensi air yang rendah karena struktur jaringan gel tiga dimensi yang tidak stabil pada *plant-based yoghurt*. Retensi air adalah kemampuan *yoghurt* untuk menahan atau mempertahankan kandungan air di dalamnya (Xu et al., 2022). Retensi air berpengaruh dalam menciptakan tekstur *yoghurt* yang kental dan kecepatan terjadinya pemisahan

cairan (sineresis) selama penyimpanan. Destabilisasi struktur protein nabati yang disebabkan oleh fermentasi dapat menyebabkan melemahnya struktur produk dan pemisahan fase air selama penyimpanan (Bernat et al., 2014).

Berbagai jenis penstabil seperti pati, gelatin, pektin, dan hidrokoloid digunakan untuk meningkatkan kualitas *plant-based yoghurt* (Rafiq et al., 2020). Fokus utama dari penggunaan bahan penstabil dalam *yoghurt* adalah untuk meningkatkan beberapa karakter-

ristik seperti tampilan, stabilitas, viskositas, dan tekstur. Penstabil seperti protein, hidrokoloid, dan karbohidrat ditambahkan pada tahapan proses pembuatan yang berbeda pada *plant-based yoghurt* dan dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: *Memerlukan pelarutan dalam air panas terlebih dahulu
 **Memerlukan pelarutan dalam air hangat (45-50°C) terlebih dahulu

Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan *plant-based yoghurt*
 Sumber: Xu et al. (2022); dengan modifikasi

Waktu dan kondisi penambahan penstabil dibedakan dari karakteristik setiap bahan. Penstabil hidrokoloid memerlukan pelarutan dalam air panas terlebih dahulu sebelum ditambahkan pada tahap pencampuran agar memudahkan tahap homogenisasi, sedangkan penstabil protein dan karbohidrat perlu dilarutkan terlebih dahulu dalam air hangat (45-50°C) agar mencegah denaturasi protein dan gelatinisasi pati. Terdapat perbedaan suhu dalam pelarutan jenis penstabil dikarenakan tiap bahan memiliki ketahanan suhu yang berbeda. Protein dan karbohidrat memiliki ketahanan suhu yang cenderung lebih rendah daripada hidrokoloid (Shin et al., 2021; Yang et al., 2021).

Pembentukan gel pada *plant-based yoghurt* memerlukan bantuan penstabil seperti karbohidrat, hidrokoloid, dan protein. Tekstur *plant-based yoghurt* dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk keberadaan padatan terlarut seperti karbohidrat dan penggunaan penstabil (Grasso et al., 2020; Mohd Fazla et al., 2023). Jenis dan konsentrasi penstabil yang digunakan dalam pembuatan *plant-based yoghurt* dapat secara signifikan memengaruhi tekstur, termasuk kemampuan terbentuknya gel dan homogenisasi *yoghurt*. Oleh karena itu, kombinasi padatan terlarut dan penstabil memainkan peran dalam menentukan tekstur *plant-based yoghurt*.

PERAN PENSTABIL PADA *PLANT-BASED YOGHURT*

Transformasi ekstrak sari nabati dari cairan newtonian menjadi produk semi-solid bergantung pada kemampuan gelasi dari bahan penyusun *plant-based yoghurt* (Gilbert et al., 2020; Grasso et al., 2020). *Plant-based yoghurt* memiliki karakteristik viskositas yang rendah, tekstur tidak halus dan sineresis yang tinggi, sehingga memerlukan bahan tambahan berupa penstabil. Penstabil yang digunakan pada produk *plant-based yoghurt* sangat beragam antara lain, *whey* bubuk, protein rami, pektin, *xanthan gum*, tepung tapioka, dan tepung quinoa. Beberapa hasil penelitian yang menggunakan penstabil memberikan dampak pada persentase WHC dari *plant-based yoghurt* seperti yang disajikan pada Tabel 2. Oleh karena itu, peran penstabil dalam *plant-based yoghurt* sangat penting untuk diketahui khususnya dalam pembentukan gel. Penstabil tersebut dapat berfungsi untuk meningkatkan kemampuan gelasi dari *plant-based yoghurt* dan meminimalisasi sineresis.

Meningkatkan Kemampuan Pembentukan Gel Plant-based Yoghurt

Water Holding Capacity (WHC) dari *plant-based yoghurt* berkaitan erat dengan struktur mikro yang dapat membentuk sifat koloid. Pada saat fermentasi *plant-based yoghurt*, karbohidrat pada sari tumbuhan akan terfermentasi, pH menurun, protein teragregasi, dan membentuk struktur mikro yang menentukan kekokohan tekstur *plant-based yoghurt* (Macit et al., 2019). Proses homogenisasi meningkatkan total luas permukaan lemak pada *plant-based yoghurt*, membentuk lapisan permukaan baru yang terbuat dari gumpalan protein, fragmen albumin dan bahan membran. Membran baru pada *plant-based yoghurt* memungkinkan globula lemak untuk berinteraksi sehingga menyebabkan peningkatan jumlah partikel yang berinteraksi dalam gel sehingga meningkatkan viskositas (Demir et al., 2021). Penambahan pengental dan pengemulsi seperti pati, gum, pektin, inulin, agar-agar, dan ekstrak protein dapat menghasilkan *plant-based yoghurt* yang kokoh dan bertekstur (Grasso et al., 2020).

Tabel 2. Persentase WHC *plant-based yoghurt* setelah penambahan penstabil

Jenis penstabil	Jenis <i>yoghurt</i>	WHC (%)	Referensi
Protein			
Protein rami 15%	<i>Soy-based yoghurt</i>	75,24	Xu et al. (2022)
Protein kacang hijau 3%	<i>Mung bean protein-based yoghurt</i>	90,57	Yang et al. (2021)
Susu kedelai	<i>Soy-based yoghurt</i>	43,3	Huang et al. (2022)
Hidrokoloid			
Pektin	<i>Soy-based yoghurt</i>	96,3	Grasso et al. (2020)

Karbohidrat			
Quinoa	<i>Quinoa-based yoghurt</i>	100	Huang et al. (2022)
Maizena	<i>Almond-based yoghurt</i>	91,0	Grasso et al. (2020)
Campuran			
Tepung singkong: Arabic gum (47:3,0)	<i>Soy-based yoghurt</i>	48,7	Olabiran et al. (2023)
Maizena: pektin	<i>Coconut-based yoghurt</i>	99,3	Grasso et al. (2020)

Penambahan jenis penstabil yang berbeda pada *plant-based yoghurt* akan menghasilkan persentase WHC yang berbeda juga. Menurut Huang et al. (2022), hasil persentase WHC yang paling tinggi adalah *quinoa-based yoghurt* dengan campuran quinoa sebagai penstabilnya. Penstabil karbohidrat merupakan penstabil yang sangat baik karena menyebabkan sejumlah besar air tertahan dalam matriks *yoghurt*. Mikrostruktur *plant-based yoghurt* sangat bervariasi yang meliputi perbedaan ukuran, bentuk, integrasi lemak, perbedaan dalam tingkat agregasi protein, pembentukan jaringan yang sangat bervariasi, maupun perbedaan jenis bahan penstabil sehingga menyebabkan perbedaan hasil persentase WHC (Gupta et al., 2022).

Penstabil Berbasis Protein

Protein berpengaruh terhadap sifat fisiokimia seperti retensi air dan penguatan struktur gel (Patil & Benjakul, 2018). Ketika dipanaskan, molekul protein globular akan terbuka, mengekspos asam amino yang reaktif dan hidrofobik sehingga membentuk ikatan antarmolekul. Jaringan gel protein akan dipengaruhi oleh fenolat yang memiliki afinitas tinggi terhadap protein sehingga akan membentuk kompleks yang dapat larut dan meningkatkan kekuatan jaringan protein yang lemah (Malik & Saini, 2017).

Denaturasi protein *whey* menyebabkan terbukanya struktur diiringi dengan meningkatnya luas permukaan sehingga meningkatkan interaksi antara air dan viskositas (Jiang et al., 2018). Penambahan protein akan menyebabkan jaringan gel pada *plant-based yoghurt* tidak mudah pecah.

Polymerized whey protein (PWP) ditambahkan pada pembuatan *plant-based yoghurt* untuk meningkatkan sifat tekstur makanan fermentasi karena efeknya yang sangat baik dalam membentuk gel. Protein *whey* setelah polimerisasi dapat meningkatkan viskositas, meningkatkan konsistensi, dan kemampuan menahan air pada *yoghurt* (H. Shi et al., 2020). PWP dapat membentuk gel dan memadatkan *plant-based yoghurt*. Struktur gel terbentuk selama proses fermentasi ketika pH diturunkan ke titik isoelektrik protein *whey* (sekitar 5,3) yang dapat memerangkap air dan bahan-bahan di sekitarnya. Matriks jaringan protein yang padat juga terbentuk melalui interaksi protein-protein dan protein-polisakarida (Jiang et al., 2018; H. Shi et al., 2020). Pektin dan *xanthan gum* menunjukkan muatan negatif pada gugus karboksilat di lingkungan asam juga dapat berinteraksi dengan protein *whey* yang mengandung muatan positif pada asam amino melalui daya tarik elektrostatik.

Protein dapat membentuk tekstur kental pada *plant-based yoghurt* melalui berbagai mekanisme seperti pembentukan ikatan hidrogen, agregasi, dan gelasi. Protein nabati seperti protein kedelai, gandum, dan rami dapat membentuk ikatan hidrogen satu sama lain. Ikatan hidrogen adalah ikatan antara atom hidrogen dengan atom yang sangat elektronegatif, seperti oksigen atau nitrogen. Ikatan tersebut dapat memperkuat struktur protein sehingga menghasilkan tekstur yang lebih kokoh dan homogen. Protein nabati dapat teragregasi sehingga dapat membentuk tekstur *plant-based yoghurt* (Mohd Fazla et al., 2023). Agregasi adalah peristiwa saling berinteraksinya protein protein dalam

plant-based yoghurt membentuk partikel protein yang lebih besar sehingga dapat meningkatkan viskositas *yoghurt*. Protein nabati juga dapat membentuk struktur seperti gel. Gelasi adalah peristiwa protein berinteraksi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang dapat memerangkap air dan komponen lainnya sehingga menghasilkan tekstur yang lebih kental dan homogen.

Pemerangkapan air yang rendah terutama disebabkan oleh struktur jaringan gel tiga dimensi yang tidak stabil dari *plant-based yoghurt*. Sistem gel yang rapuh cenderung tidak dapat memerangkap molekul air dan struktur gel lebih cenderung berkontraksi sehingga menyebabkan *whey* cenderung mengendap (Xu et al., 2022). Dengan peningkatan kandungan protein rami, WHC *yoghurt* secara bertahap meningkat, dan sineresis menunjukkan tren yang berlawanan (Shin et al., 2021). Penambahan protein kacang polong mampu memberikan viskositas dan kekuatan gel yang lebih tinggi pada *plant-based yoghurt*, terutama karena kelarutan protein kacang polong yang tinggi sehingga memberikan viskositas dan emulsi yang lebih stabil, serta pembentukan gel sekunder di bawah pH 5,5 sebagai sub-unit muatan yang mendekati titik isoelektrik sehingga meningkatkan viskositas (Shin et al., 2021). Selain itu, mencampurkan protein yang berbeda satu sama lain juga dapat meningkatkan pembentukan gel melalui ko-gelasi (Li et al., 2022). Ko-gelasi protein merujuk pada proses di mana dua atau lebih jenis protein berinteraksi untuk membentuk gel. Meningkatkan pembentukan gel pada *yoghurt* melalui ko-gelasi protein bisa menjadi strategi untuk meningkatkan tekstur, kekentalan, dan stabilitas produk.

Penstabil Berbasis Hidrokoloid

Hidrokoloid adalah senyawa dengan sifat hidrofilik (menarik air) dan dapat membentuk gel atau sol pada dispersi air.

Hidrokoloid berasal dari berbagai sumber seperti tanaman, rumput laut, hewan, dan mikroorganisme (Weiss et al., 2023). Hidrokoloid dapat meningkatkan tekstur dan kekokohan gel pada *plant-based yoghurt*. Hidrokoloid memiliki fungsi yang beragam seperti mengentalkan, membentuk gel pada larutan, menstabilkan jaringan protein, emulsi dan dispersi, serta menyatukan zat hidrofobik dan hidrofilik (Rafiq et al., 2020). Ketika dilarutkan dalam air, hidrokoloid membentuk larutan kental yang menyebabkan tekstur *yoghurt* dapat memadat. Beberapa hidrokoloid dapat berfungsi pada rentang suhu yang luas dan memberikan stabilitas dan tekstur yang kental pada berbagai tahap proses pembuatan *yoghurt*.

Salah satu contoh hidrokoloid yang cukup sering digunakan dalam pembuatan *plant-based yoghurt* adalah pektin. Pektin merupakan hidrokoloid polisakarida anionik yang dapat meningkatkan sifat struktural dan tekstur *yoghurt* melalui interaksi asosiatif antara misel protein dan polisakarida (Xu et al., 2019). Pektin dapat meningkatkan sifat fisika-kimia seperti padatan terlarut, pH, dan keasaman *yoghurt* dengan meningkatkan pertumbuhan bakteri akibat adanya padatan terlarut (Feng et al., 2021). Pektin yang mempunyai kandungan metoksil tinggi dapat membentuk gel dengan gula dan asam, sedangkan pektin yang memiliki kadar metoksil rendah membentuk gel diperlukan keberadaan ion-ion polivalen (Wusigale et al., 2020). Semakin rendah kadar metoksil pada pektin maka akan sukar larut dalam air, demikian pula sebaliknya semakin tinggi kadar metoksil pada pektin maka akan mudah larut dalam air. Menurut Kong et al. (2022), pektin bertindak sebagai polisakarida anionik dan teradsorpsi di permukaan protein akibat interaksi elektrostatis untuk meningkatkan tolakan antar protein sehingga dapat meningkatkan stabilitas sistem.

Polisakarida anionik seperti pektin metoksil rendah yang sensitif terhadap Ca^{2+} dapat menyebabkan interpenetrasi rantai pek-

tin terhidrasi ke dalam jaringan protein sehingga menyebabkan pembentukan gel campuran dalam matriks *yoghurt* (Kieserling et al., 2019). Pembentukan gel dapat terjadi karena kompleksasi elektrostatis antara karboksil anionik pektin dengan gugus protein yang bermuatan positif yang menyebabkan pektin mengadsorpsi permukaan agregat protein melalui gugus karboksilnya (Wusigale et al., 2020). Penambahan bahan penstabil pektin juga meningkatkan rasa pahit pada *plant-based yoghurt* (Huang et al., 2022a; Kieserling et al., 2019). Ketika konsentrasi pektin dalam *yoghurt* meningkat maka sebagian besar senyawa aroma akan menurun (Kieserling et al., 2019). Selain pektin, bahan hidrokoloid yang sering dipakai untuk penstabil *yoghurt* adalah *xanthan gum* dan *arabic gum*.

Xanthan gum adalah heteropolisakarida dengan kelarutan dalam air yang tinggi, emulsifikasi, pengentalan, dan termostabilitas, yang dihasilkan oleh fermentasi sumber karbohidrat yang berbeda oleh strain *Xanthomonas campestris* (Rafiq et al., 2020). Beberapa unit D-mannosa terminal mengandung residu asam piruvat, dan unit D-mannosa yang terhubung ke rantai utama mengandung gugus asetil, menghasilkan polisakarida anionik (Weiss et al., 2023). *Xanthan gum* berfungsi untuk meningkatkan sifat kimia, reologi, struktur dan sensorik *yoghurt* (Williams & Phillips, 2021).

Arabic gum adalah hidrokoloid yang berasal dari tumbuhan juga merupakan campuran polisakarida dan glikoprotein yang sangat bercabang dan kompleks. Rantai polisakarida dalam *Arabic gum* terdiri dari enam monomer yang berbeda, terutama arabinosa dan galaktosa, di samping sebagian kecil protein (Williams & Phillips, 2021). *Arabic gum* umumnya digunakan sebagai penstabil dalam industri makanan dengan kelarutan dalam air yang tinggi, pengental, pengikat, dan pembentuk film (Zeece, 2020). *Arabic gum* menyerap

interface antara minyak dan air, juga menurunkan tegangan *interface* selama homogenisasi *plant-based yoghurt*. Penambahan *Arabic gum* juga meningkatkan kapasitas menahan air karena memiliki sifat pengikatan air yang tinggi (Haji Ghafarloo et al., 2020; Kong et al., 2022; Rafiq et al., 2020).

Penstabil Berbasis Karbohidrat

Sebagai komponen utama dalam karbohidrat, pati telah terbukti dapat meningkatkan modulus penyimpanan dengan membentuk struktur seperti gel jaringan pada *plant-based yoghurt* (Pachekrepapol et al., 2021). Pati seperti pati jagung atau pati kentang dapat digunakan untuk membentuk gel atau matriks dengan melakukan proses pemanasan sehingga akan mengaktifkan pati untuk membentuk tekstur *yoghurt* yang lebih kental. Butiran pati yang membengkak pada konsentrasi tinggi mendominasi sifat reologi dan menyerap air dalam fase kontinu yang menyebabkan terjadinya peningkatan interaksi partikel atau komponen. Pati akan menyerap air dan membengkak hingga berkali-kali lipat dari ukuran aslinya, menghasilkan peningkatan viskositas larutan. Viskositas *plant-based yoghurt* meningkat seiring meningkatnya konsentrasi tepung tapioka pada kadar 2%. Penambahan pati tapioka memperkuat jaringan gel karena granula pati membengkak dan menyerap air dalam fase kontinu selama proses pemanasan yang menghasilkan peningkatan interaksi partikel-partikel atau interaksi polisakarida-protein (Grasso et al., 2020; Pachekrepapol et al., 2021). Tepung tapioka stabil dalam kondisi asam dan pada suhu tinggi sehingga cocok untuk formulasi *yoghurt* atau produk serupa *yoghurt* yang terbuat dari ekstrak sari nabati.

Padatan terlarut dalam karbohidrat seperti gula dan senyawa lainnya dapat memengaruhi tekstur *plant-based yoghurt*. Tekstur adalah salah satu indikator terpenting dari kualitas *yoghurt* sehingga perlu adanya penambahan bahan yang dapat Peran Penstabil pada *Plant-Based Yoghurt*... (Zefanya Soewangsa, L. M. Yulian Dwiputranti Darmoatmodjo) 68

meningkatkan kualitas *plant-based yoghurt*. Quinoa giling dapat dipakai dalam pembuatan *plant-based yoghurt* (Huang et al., 2022b). Quinoa memiliki profil nutrisi yang sangat baik yaitu pati (32-60%), protein (10-18%) dan lemak (4,4-8,8%), sedangkan abunya, yang sebagian besar terbentuk dari kalium dan fosfor, terdiri dari 2,4-3,7% dan serat berkisar antara 1,1- 13,4% (Hussain et al., 2021). Quinoa juga mengandung senyawa seperti polifenol dan flavonoid. Quinoa memiliki jumlah karbohidrat yang cukup banyak yaitu berkisar antara 67-74% dari total bahan kering, dengan kandungan amilosanya mendekati 11%, monosakarida (2%), disakarida (2,3%), serat kasar (2,5-3,9%) dan pentosan (2,9-3,6%) (Hussain et al., 2021; Nadiya Jan et al., 2019). Diameter butiran kecil dari pati quinoa berguna untuk meningkatkan pengikatan gel. *Yoghurt* dengan quinoa memiliki nilai kekerasan, daya rekat, dan fleksibilitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *yoghurt* dari susu (Huang et al., 2022b; Liu et al., 2023).

Minimalisasi Sineresis *Plant-based Yogurt*

Plant-based yoghurt mengalami penurunan viskositas dan sineresis selama penyimpanan. Sineresis terjadi ketika suatu fase serum terpisah dari jaringan kontinu dalam *yoghurt*. Stabilitas *plant-based yoghurt* terhadap sineresis tergantung pada kekokohan dan kapasitas gel (Ghafarloo et al., 2020; Gilbert et al., 2020). Sineresis pada *plant-based yoghurt* dapat terjadi karena formulasi bahan yang tidak tepat, perlakuan panas dan homogenisasi yang tidak memadai, pemilihan kultur bakteri yang tidak tepat, kombinasi waktu atau temperatur inkubasi, pendinginan yang cepat, pengasaman, pengocokan, dan kerusakan struktur gel selama pengangkutan dan pemasaran (Mohd Fazla et al., 2023; Olabiran et al., 2023; L. Shi et al., 2023).

Adanya bahan tambahan berupa penstabil berbasis protein, hidrokoloid, ataupun karbohidrat dapat meminimalisi-

sasi sineresis pada *plant-based yoghurt*. Beberapa hasil penelitian yang menggunakan penstabil memberikan dampak pada persentase sineresis dari *plant-based yoghurt* seperti yang disajikan pada Tabel 3. Oleh karena itu, peran penstabil dalam *plant-based yoghurt* sangat penting untuk diketahui khususnya dalam ketahanan tekstur *plant-based yoghurt* selama penyimpanan.

Tabel 3. Persentase sineresis *plant-based yoghurt* setelah penambahan penstabil

Jenis penstabil	Jenis <i>yoghurt</i>	Waktu penyimpanan	Sineresis (%)	Referensi
Protein				
Protein rami 15%	<i>Soy based yoghurt</i>	4 jam	8,39 ^A	Xu et al. (2022)
Hidrokoloid				
Pektin	<i>Soy based yoghurt</i>	14 hari	35	Akhi et al. (2024)
Karbohidrat				
Tapioka 2%	<i>Coconut-based yoghurt</i>	14 hari	9,52	Pachekrepopol et al. (2021)
Campuran				
Tepung singkong: <i>Arabic gum</i> (47:3,0)	<i>Soy based yoghurt</i>	5 hari	23,03	Olabiran et al. (2023)

Keterangan:

^A100 g *yoghurt* dioleskan secara perlahan di atas saringan filter berukuran 0,125 mm di dalam alat pemecah pada suhu 25°C

Penambahan jenis penstabil yang

berbeda pada *plant-based yoghurt* akan menghasilkan persentase sineresis yang berbeda juga. Menurut Pachekrepopol et al. (2021), persentase sineresis *yoghurt* yang paling rendah adalah *coconut-based yoghurt* dengan tapioka 2% sebagai penstabilnya. Penstabil karbohidrat merupakan penstabil yang sangat baik, yang menyebabkan sejumlah besar air tertahan dalam matriks *yoghurt* sehingga dapat mencegah terjadinya sineresis. Selain itu, untuk mengurangi sineresis lebih lanjut, penstabil karbohidrat dapat digunakan bersama dengan bahan pembentuk gel lainnya, seperti pektin dan CMC (Pachekrepopol et al., 2021; Yuliarti et al., 2019). Peningkatan kandungan protein dalam formulasi akan menyebabkan gel menjadi lebih kokoh sehingga mengurangi sineresis. Ikatan silang antara globula lemak dengan protein dari homogenisasi juga menyebabkan penurunan sineresis dan peningkatan kekokohan. Xu et al. (2022) menunjukkan bahwa penambahan protein *whey* terpolimerisasi pada *plant-based yoghurt* akan meningkatkan stabilitas tekstur selama penyimpanan, berkurangnya sineresis, dan indeks viskositas yang lebih tinggi. Gilbert et al. (2021) menyatakan bahwa penambahan protein *whey* dapat mencegah sineresis. Kandungan protein *whey* yang tinggi akan menstabilkan jaringan gel *yoghurt*, membuat pori-pori mikro jaringan menjadi kecil dan seragam sehingga menstabilkan *plant-based yoghurt*.

Berdasarkan Xu et al. (2022) protein rami terbukti menjadi penstabil dan *flavouring agent* yang potensial untuk *plant-based yoghurt* dengan peningkatan kapasitas menahan air (WHC) sehingga sineresis berkurang. Kandungan protein rami yang tinggi menstabilkan jaringan gel *yoghurt*, membuat pori-pori mikro pada jaringan menjadi kecil dan seragam sehingga menstabilkan jaringan gel *yoghurt* (Li et al., 2023). Secara keseluruhan, protein rami yang ditambahkan sebanyak 10% ke dalam *plant-based yoghurt* dapat mengurangi sineresis atau pemisahan *whey* (Xu et al., 2022). Selain protein, hidrokoloid juga dapat digunakan sebagai bahan pembantu

meminimalisasi terjadinya sineresis.

Rantai hidrokoloid yang panjang dan bercabang membantu mengikat air dan mengurangi aliran air ke dalam ruang matriks sehingga mengurangi sineresis pada *yoghurt* (Kong et al., 2022; Rafiq et al., 2020). Molekul protein bermuatan positif berinteraksi dengan hidrokoloid anionik (k-karagenan, CMC, pektin) untuk membentuk jaringan protein yang lebih kuat, sedangkan hidrokoloid netral (*guar gum*, *xanthan gum*) meningkatkan viskositas fase kontinu. Karbohidrat juga dapat digunakan untuk meminimalisasi sineresis karena memiliki padatan terlarut yang dapat mengikat air pada *plant-based yoghurt*.

Pati merupakan penstabil yang sangat baik yang menyebabkan sejumlah besar air tertahan dalam matriks *yoghurt* dan telah banyak digunakan dalam produksi *yoghurt* untuk mengurangi sineresis (Wong et al., 2020). Penambahan quinoa giling secara signifikan meningkatkan kapasitas menahan air (WHC) dan menghambat penurunan WHC yang terjadi selama penyimpanan. WHC dapat mempengaruhi masa simpan dan penerimaan sensorik. Hasil penelitian dalam Huang et al. (2022) menunjukkan bahwa WHC meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan quinoa. Jagung, kudzu, ubi air, tapioka, dan kentang telah digunakan dalam *plant-based yoghurt* untuk mengurangi sineresis. Saat butiran pati membengkak, viskositas meningkat, yang pada gilirannya dapat menahan lebih banyak air dan mengurangi sineresis (Rafiq et al., 2020; Saleh et al., 2020; Mohd Fazla et al., 2023).

Karbohidrat dapat memberikan sifat pembentukan gel yang kuat pada *yoghurt*. Gel yang lebih kuat dapat membantu mengurangi terjadinya sineresis karena struktur gel yang lebih baik dapat menahan cairan. Karbohidrat dalam *plant-based yoghurt* dapat berinteraksi dengan protein nabati (Huang et al., 2022b; Mohd Fazla et al., 2023; Yang et al., 2021). Interaksi

tersebut dapat membentuk jaringan atau matriks yang lebih kuat sehingga membantu menahan cairan dalam struktur *yoghurt*. Padatan terlarut yang dapat menyerap air akan mengurangi ketersediaan air penyebab sineresis. Beberapa karbohidrat seperti inulin yang berperan sebagai serat prebiotik dapat memberikan kepadatan tambahan pada *yoghurt* dan mempengaruhi sineresis. Komposisi dan sifat-sifat karbohidrat yang digunakan dalam formulasi *plant-based yoghurt* dapat bervariasi, dan kombinasi berbagai bahan dapat memberikan hasil yang optimal dalam mengurangi sineresis.

KESIMPULAN

Peralihan formulasi yogurt berbasis susu menjadi *plant-based* menyebabkan tekstur menjadi cenderung encer dan mudah mengalami sineresis sehingga harus dilakukan penambahan bahan penstabil. Bahan penstabil dapat berbasis protein, hidrokoloid, ataupun karbohidrat yang dapat memperbaiki struktur jaringan dan dapat meminimalisasi sineresis pada *plant-based yoghurt*. Penambahan karbohidrat sebagai penstabil menghasilkan persentase WHC yang paling tinggi dan persentase sineresis yang paling rendah sehingga lebih banyak digunakan dalam pembuatan *plant-based yoghurt*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhi, A., Ahmed, T., Ara, R., & Rana, M. R. (2024). Response surface optimization of thermo-sonication conditions and taro mucilage concentrations for the preparation of soy yogurt. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100918.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.10091>
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. (2014). Vegetable milks and their fermented derivative products. *International*

- Journal of Food Studies*, 3(1), 93–124.
<https://doi.org/10.7455/jifs/3.1.2014.a9>
- Clegg, M. E., Tarrado Ribes, A., Reynolds, R., Kliem, K., & Stergiadis, S. (2021). A comparative assessment of the nutritional composition of dairy and plant-based dairy alternatives available for sale in the UK and the implications for consumers' dietary intakes. *Food Research International*, 148.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110586>
- Demi r, H., Simsek, M., & Yildirim, G. (2021). Effect of oat milk pasteurization type on the characteristics of yogurt. *LWT*, 135.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110271>
- Devnani, B., Ong, L., Kentish, S. E., Scales, P. J., & Gras, S. L. (2022). Physicochemical and rheological properties of commercial almond-based yoghurt alternatives to dairy and soy yoghurts. *Future Foods*, 6.
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100185>
- Dhakal, D., Younas, T., Bhusal, R. P., Devkota, L., Henry, C. J., & Dhital, S. (2023). Design rules of plant-based yoghurt-mimic: Formulation, functionality, sensory profile and nutritional value. *Food Hydrocolloids*, 142.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108786>
- Feng, L., Jia, X., Yan, J., Yan, W., & Yin, L. (2021). Mechanical, thermal stability and microstructural properties of emulsion filled gels: Effect of sugar beet pectin/soy protein isolate ratio. *LWT*, 141.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110917>
- Gilbert, A., Rioux, L. E., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2020). Characterization of syneresis phenomena in stirred acid milk gel using low frequency nuclear magnetic resonance on hydrogen and image analyses. *Food Hydrocolloids*, 106.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105907>
- Gilbert, A., Rioux, L. E., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2021). Smoothing temperature and ratio of casein to whey protein: Two tools to improve nonfat stirred yogurt properties. *Journal of Dairy Science*, 104(10), 10485–10499.
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-20040>
- Grasso, N., Alonso-Miravalles, L., & O'Mahony, J. A. (2020). Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts. *Foods*, 9(3).
<https://doi.org/10.3390/foods9030252>
- Gupta, M. K., Torrico, D. D., Ong, L., Gras, S. L., Dunshea, F. R., & Cottrell, J. J. (2022). Plant and Dairy-Based Yogurts: A Comparison of Consumer Sensory Acceptability Linked to Textural Analysis. *Foods*, 11(3).
<https://doi.org/10.3390/foods11030463>
- Haji Ghafarloo, M., Jouki, M., & Tabari, M. (2020). Production and characterization of synbiotic Doogh, a yogurt-based Iranian drink by gum arabic, ginger extract and *B. bifidum*. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 1158–1166.
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04151-4>
- Haug, I. J., & Draget, K. I. (2011). Gelatin. *Handbook of Food Proteins*, 92–115.
<https://doi.org/10.1533/9780857093639.92>
- Huang, K., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. ke, Yi, C., & Guan, X. (2022). Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical,

- rheological, sensory and functional properties. *Food Bioscience*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101831>
- Hussain, M. I., Farooq, M., Syed, Q. A., Ishaq, A., Al-Ghamdi, A. A., & Hatamleh, A. A. (2021). Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. *Plants*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/plants10112258>
- Jiang, S., Altaf hussain, M., Cheng, J., Jiang, Z., Geng, H., Sun, Y., Sun, C., & Hou, J. (2018). Effect of heat treatment on physicochemical and emulsifying properties of polymerized whey protein concentrate and polymerized whey protein isolate. *LWT*, 98, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.028>
- Kong, X., Xiao, Z., Du, M., Wang, K., Yu, W., Chen, Y., Liu, Z., Cheng, Y., & Gan, J. (2022). Physicochemical, Textural, and Sensorial Properties of Soy Yogurt as Affected by Addition of Low Acyl Gellan Gum. *Gels*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/gels8070453>
- Li, K., Duan, Z., Zhang, J., & Cui, H. (2023). Growth kinetics, metabolomics changes, and antioxidant activity of probiotics in fermented highland barley-based yogurt. *LWT*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114239>
- Li, N., Yang, M., Guo, Y., Tong, L. T., Wang, Y., Zhang, S., Wang, L., Fan, B., Wang, F., & Liu, L. (2022). Physicochemical properties of different pea proteins in relation to their gelation ability to form lactic acid bacteria induced yogurt gel. *LWT*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113381>
- Liu, Y., Huang, K., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. ke, Yi, C., & Guan, X. (2023). Manufacture and characterization of a novel dairy-free quinoa yogurt fermented by modified commercial starter with *Weissella confusa*. *Food Chemistry*: X, 19. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100823>
- Ma, W., Zhang, C., Kong, X., Li, X., Chen, Y., & Hua, Y. (2021). Effect of pea milk preparation on the quality of non-dairy yoghurts. *Food Bioscience*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101416>
- Macit, E., Karaoglu, M. M., & Bakirci, I. (2019). Effects of Some Stabilizers on the Textural Properties of Yogurt. *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*, 34(1), 15–20. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.441313>
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>
- Malik, M. A., & Saini, C. S. (2017). Polyphenol removal from sunflower seed and kernel: Effect on functional and rheological properties of protein isolates. *Food Hydrocolloids*, 63, 705–715. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.026>
- Mohd Fazla, S. N., Marzlan, A. A., Meor Hussin, A. S., Abd Rahim, M. H., Madzuki, I. N., & Mohsin, A. Z. (2023). Physicochemical, microbiological, and sensorial properties of chickpea yogurt analogue produced with different types

- of stabilizers. *Discover Food*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44187-023-00059-3>
- Nadiya Jan, K., Panesar, P. S., & Singh, S. (2019). Effect of moisture content on the physical and mechanical properties of quinoa seeds. *International Agrophysics*, 33(1), 41–48. <https://doi.org/10.31545/intagr/104374>
- Naibaho, J., Butula, N., Jonuzi, E., Korzeniowska, M., Chodaczek, G., & Yang, B. (2022). The roles of brewers' spent grain derivatives in coconut-based yogurt-alternatives: Microstructural characteristic and the evaluation of physico-chemical properties during the storage. *Current Research in Food Science*, 5, 1195–1204. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2022.07.011>
- Olabiran, T. E., Awolu, O. O., & Ayo-Omogie, H. N. (2023). Quality characterization of functional soy-based yoghurt incorporated with scent leaf (*Ocimum gratissimum*) essential oil microcapsules. *Food Chemistry Advances*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100336>
- Pachekrepapol, U., Kokhuenkhan, Y., & Ongsawat, J. (2021). Formulation of yogurt-like product from coconut milk and evaluation of physicochemical, rheological, and sensory properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100393>
- Part, N., Kazantseva, J., Rosenvald, S., Kallastu, A., Vaikma, H., Kriščiunaite, T., Pismennõi, D., & Viiard, E. (2023). Microbiological, chemical, and sensorial characterisation of commercially available plant-based yoghurt alternatives. *Future Foods*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100212>
- Patil, U., & Benjakul, S. (2018). Coconut Milk and Coconut Oil: Their Manufacture Associated with Protein Functionality. *Journal of Food Science*, 83(8), 2019–2027. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14223>
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Rafiq, L., Zahoor, T., Sagheer, A., Khalid, N., Ur Rahman, U., & Liaqat, A. (2020). Augmenting yogurt quality attributes through hydrocolloidal gums. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(2), 323–331. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0218>
- Saleh, A., Mohamed, A. A., Alamri, M. S., Hussain, S., Qasem, A. A., & Ibraheem, M. A. (2020). Effect of different starches on the rheological, sensory and storage attributes of non-fat set yogurt. *Foods*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/foods9010061>
- Shi, H., Kraft, J., & Guo, M. (2020). Physicochemical and microstructural properties and probiotic survivability of symbiotic almond yogurt alternative using polymerized whey protein as a gelation agent. *Journal of Food Science*, 85(10), 3450–3458. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15431>
- Shi, L., Tianqi, F., Zhang, C., Deng, X., Zhou, Y., Wang, J., & Wang, L. (2023). High-protein compound yogurt with quinoa improved clinical features and metabolism of high-fat diet–

- induced nonalcoholic fatty liver disease in mice. *Journal of Dairy Science*, 106(8), 5309–5327. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23045>
- Shin, J. S., Kim, B. H., & Baik, M. Y. (2021). Applicable plant proteins and dietary fibers for simulate plant-based yogurts. *Foods*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102305>
- Shori, A. B., Aljohani, G. S., Al-zahrani, A. J., Al-sulbi, O. S., & Baba, A. S. (2022). Viability of probiotics and antioxidant activity of cashew milk-based yogurt fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112482>
- Vieira, E. D. F., Styles, D., Sousa, S., Santos, C., Gil, A. M., Gomes, A. M., & Vasconcelos, M. W. (2022). Nutritional, rheological, sensory characteristics and environmental impact of a yogurt like dairy drink for children enriched with lupin flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100617>
- Waehrens, S. S., Faber, I., Gunn, L., Buldo, P., Bom Frøst, M., & Perez-Cueto, F. J. A. (2023). Consumers' sensory-based cognitions of currently available and ideal plant-based food alternatives: A survey in Western, Central and Northern Europe. *Food Quality and Preference*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104875>
- Weiss, V., Okun, Z., & Shpigelman, A. (2023). Utilization of hydrocolloids for the stabilization of pigments from natural sources. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 101756. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2023.101756>
- Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2021). Introduction to food hydrocolloids. *Handbook of Hydrocolloids*, 3–26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00017-6>
- Wusigale, Liang, L., & Luo, Y. (2020). Casein and pectin: Structures, interactions, and applications. *Trends in Food Science and Technology*, 97, 391–403. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.027>
- Xu, J., Xu, X., Yuan, Z., Hua, D., Yan, Y., Bai, M., Song, H., Yang, L., Zhu, D., Liu, J., Huo, D., & Liu, H. (2022). Effect of hemp protein on the physicochemical properties and flavor components of plant-based yogurt. *LWT*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114145>
- Xu, K., Guo, M., Du, J., & Zhang, Z. (2019). Okra polysaccharide: Effect on the texture and microstructure of set yoghurt as a new natural stabilizer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.035>
- Yang, M., Li, N., Tong, L., Fan, B., Wang, L., Wang, F., & Liu, L. (2021). Comparison of physicochemical properties and volatile flavor compounds of pea protein and mung bean protein-based yogurt. *LWT*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112390>
- Yilmaz-Ersan, L., & Topcuoglu, E. (2022). Evaluation of instrumental and sensory measurements using multivariate analysis in probiotic yogurt enriched with almond milk. *Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 133–143. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04994-w>

Yuliarti, O., Mei, K. H., Kam Xue Ting, Z., & Yi, K. Y. (2019). Influence of combination carboxymethylcellulose and pectin on the stability of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids*, 89, 216–223.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.040>

Zeece, M. (2020). Carbohydrates. *Introduction to the Chemistry of Food*, 81–125.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809434-1.00003-7>