



## Pengaruh penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin terhadap sifat fisik cokelat hitam (*Dark chocolate*)

Aji Sutrisno, Panji Achmad Apriyandi\*

*Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia*

### Article history

*Diterima:*

28 September 2022

*Diperbaiki:*

31 Desember 2022

*Disetujui:*

6 Februari 2023

### Keyword

*cocoa butter;*

*dark chocolate;*

*fat replacer;*

*low-fat;*

*lecithin;*

*porang glucomannan;*

*physical properties*

### ABSTRACT

*A Low-fat dark chocolate was developed by replacing cocoa butter with porang glucomannan and lecithin addition. The study was to determine the effect of cocoa butter replacement levels by porang glucomannan (10%, 15%, 20%) and lecithin (1%, 1.5%, 2%) on the melting point, hardness, cohesiveness, springiness, gumminess, chewiness, color, and glossiness of dark chocolate which was using a factorial group randomized design with ANOVA and continued with the Tukey HSD test. The results showed that not interaction of the level of cocoa butter replacement by glucomannan and lecithin on melting point. The cocoa butter replacement level by porang glucomannan and lecithin and their interactions affected hardness, cohesiveness, springiness, gumminess, chewiness, color, and glossiness. The higher level of cocoa butter replacement levels by porang glucomannan and lecithin increased the melting point and hardness of dark chocolate. Porang glucomannan and lecithin can be used to reduce cocoa butter and can improve the physical properties of dark chocolate.*



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

\* Penulis korespondensi

Email: panji.apriyandi@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v18i1.17036

## PENDAHULUAN

Cokelat berdasarkan komposisi penyusunnya terdapat 3 jenis yaitu cokelat hitam, cokelat susu dan cokelat putih (Glicerina et al. 2016). Cokelat hitam merupakan cokelat yang memiliki manfaat kesehatan karena mengandung konsentrasi kakao yang tinggi. Cokelat hitam memiliki persentase kakao, flavonoid, dan theobromine paling tinggi serta kandungan gula yang rendah (Petyaev dan Bashmakov 2017). Penggunaan lemak kakao sangat penting dalam produksi cokelat. Lemak kakao menghasilkan sensasi meleleh di mulut serta berperan penting dalam tekstur cokelat, penampilan mengkilap, dan daya patah yang baik (Skelhon et al. 2012).

Masalah industri cokelat adalah lemak kakao memiliki titik leleh yang rendah sehingga tidak ideal pada berbagai iklim. Cokelat dengan lemak kakao akan meleleh pada suhu di atas 34 °C di daerah beriklim tropis (Stortz et al. 2015). Cokelat dengan lemak kakao merupakan makanan yang unik akan tetapi titik leleh yang rendah dari lemak kakao berpengaruh terhadap penyimpanan di daerah beriklim tropis. Titik leleh yang rendah dari lemak kakao membuat cokelat mudah meleleh sebelum sampai ke konsumen (Suri dan Basu 2021).

Mengganti sebagian lemak kakao dalam formulasi pembuatan cokelat dengan bahan-bahan alternatif yang dapat menghasilkan cokelat rendah lemak merupakan prioritas utama bagi produsen cokelat (Skelhon et al. 2012). Salah satu upaya untuk menghasilkan cokelat rendah lemak dan tetap mempertahankan lemak kakao yaitu dengan melakukan penggantian sebagian lemak kakao dengan hidrokoloid (Francis dan Chidambaram, 2019). Penggunaan hidrokoloid pada pengolahan cokelat diantaranya adalah xanthan gum/guar gum, chitosan, agar, sodium alginat, pektin (Amir et al. 2013; Francis dan Chidambaram 2019; Prosapio dan Norton 2019; Skelhon et al. 2012, 2013; Syafiq et al. 2014).

Penggantian sebagian lemak kakao oleh glukomanan porang pada cokelat hitam merupakan salah satu perkembangan inovasi hidrokoloid dalam pengolahan cokelat. Porang merupakan salah satu sumber glukomanan dari Indonesia dan menghasilkan kandungan glukomanan yang cukup tinggi (Yanuriati et al. 2017). Kandungan glukomanan porang (*Amorphophallus meulleri* Blume) yaitu 56,44% - 70,35% (Widjanarko et al. 2015). Kandungan

glukomanan umbi (*Amorphophallus oncophyllus*) 55% dan glukomanan umbi (*Amorphophallus variabilis* 1) sebesar 44% (Supriati 2016). Glukomanan berfungsi sebagai pengganti lemak dalam beberapa produk yaitu sebagai pengganti lemak pada beberapa produk olahan susu dan daging (da Silva et al. 2016; Dai et al. 2016; Colmenero et al. 2013). Struktur molekul spesifik dari glukomanan porang memungkinkannya memiliki beberapa sifat potensial yaitu sebagai agen pengental, pembentuk gel, dan memperbaiki tekstur (Zhu 2018). Glukomanan porang mengandung gugus hidroksil yang dapat larut dalam air, mampu membentuk koloid, dan dapat mengentalkan atau membentuk gel dari suatu larutan. Glukomanan porang dalam bentuk gel mempunyai sifat lebih khas seperti padatan, khususnya elastisitas dan kekakuan (Herawati 2018).

Cokelat dengan penambahan glukomanan sebagai pengganti sebagian lemak kakao membutuhkan pengemulsi untuk mencampur bahan dengan baik dan meningkatkan sifat aliran bahan. Pengemulsi yang paling umum dalam pembuatan cokelat adalah lesitin kedelai (Miyasaki et al. 2016). Lesitin berfungsi sebagai pengemulsi, pengganti lemak, dan bahan tambahan dalam pencampuran makanan. Lesitin mengandung sekitar 13% kolin berdasarkan berat. Lesitin juga zwitter ion, mempunyai muatan positif pada atom N kolin dan muatan negatif pada atom O dari grup fosfat. Lesitin dapat bersifat polar (bagian kolin) dan non polar (bagian asam lemak) sehingga sangat efektif sebagai emulsifier. Lesitin memiliki sifat fungsional dalam pengolahan pangan karena mengandung komponen hidrofobik dan hidrofilik. (Datsomor et al. 2019). Penambahan lesitin kedelai 1-3 g/kg menyebabkan pengurangan viskositas yang setara dengan penambahan 10 kali lemak kakao, sehingga penambahan lesitin efektif untuk mengurangi biaya produksi dengan menghemat penggunaan lemak kakao

Aspek penting dalam sifat fisik cokelat yaitu titik leleh, tekstur, tingkat mengkilap, dan warna. Penelitian tentang penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin masih belum banyak, oleh karena itu perlu penelitian lebih lanjut mengenai penambahan glukomanan porang dan lesitin yang tepat untuk menggantikan sebagian lemak kakao sehingga menghasilkan cokelat hitam rendah lemak serta dapat

memperbaiki titik leleh, tekstur, tingkat mengkilap, dan warna dari cokelat hitam.

## METODE

### Bahan baku

Bahan baku pembuatan cokelat hitam adalah glukomanan porang dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Porang Indonesia (P4I), Malang - Indonesia. Kakao bubuk dan lemak kakao diperoleh dari Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember - Indonesia. Gula halus menggunakan kroese brand” produksi PT. Adi Karya gemilang Sungai Budi Group, Lampung – Indonesia. Lesitin kedelai kental murni non GMO “lansida”.

### Preparasi Gel Glukomanan Porang

Preparasi gel glukomanan berdasarkan Li et al. (2021) dengan modifikasi. Konsentrasi gel glukomanan 5% dibuat untuk stok. Masukkan tepung glukomanan porang 5g ke *beaker glass* (pyrex) 550ml dan air 100ml kemudian masak di atas *hot plate* (Drawell MS-H280-Pro) suhu 90°C dan aduk dengan *mixer* (Kirin-KSM 391s) selama 30 menit. Simpan gel yang telah masak pada suhu dingin ( $\pm 16^{\circ}\text{C}$ ) selama 24 jam untuk pembentukan gel.

### Pembuatan Cokelat Hitam

Pembuatan cokelat hitam dengan menimbang semua bahan hingga total basis 100 gram dari formulasi penggantian sebagian lemak kakao dengan glukomanan dan lesitin, serta satu kontrol tanpa glukomanan dan lesitin seperti pada Tabel 1.

Proses dalam pembuatan cokelat yaitu pencampuran, *conching*, *tempering*, pencetakan, serta pengemasan (Yang et al., 2021). Pencampuran dan proses *conching* berdasarkan penelitian Li dan Liu (2019) dengan modifikasi. Timbang lemak kakao berdasarkan berat basis perlakuan ke *beaker glass* (pyrex) 500ml. Masak hingga meleleh diatas *hot plate* (Drawell MS-H280-Pro) dengan suhu 45°C kemudian masukkan gula bubuk, kakao bubuk sebagian lesitin, gel glukomanan. Aduk dengan *mixer* (Kirin-KSM 391s) hingga homogen ( $\pm 20$  dan *conching* dengan *conching homemade* selama 90 menit, suhu 75°C, dengan kecepatan putar *roller* 720 RPM.

Tempering cokelat setelah *conching* seperti pada penjelasan Talbot (2012) yaitu dengan menurunkan suhu cokelat hitam setelah proses

*conching* sampai 26°C kemudian menaikkan suhu kembali hingga 31°C. Tuang cokelat setelah tempering selesai ke cetakan dan simpan pada suhu  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit untuk pengerasan cokelat. Kemas cokelat yang telah jadi dengan *aluminium foil* dan simpan dalam lemari pendingin  $\pm 16^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam sebelum analisis.

### Pengujian Titik Leleh

Pengujian titik leleh seperti pada penelitian Ramlah dan Yumas (2017) dengan modifikasi. Tuang sampel cokelat hitam dengan dimensi kurang lebih 1x1x1 cm<sup>3</sup> ke *beaker glass* 250 ml dan simpan di inkubator memmert In-30 (made in germany) untuk pengujian titik leleh. Pengukuran suhu pada inkubator berdasarkan penelitian Saputro et al. (2021) dengan modifikasi yaitu atur suhu awal inkubator 28°C dan kalibrasi suhu dengan termometer kaca. Panaskan inkubator dengan rentang kenaikan suhu 1°C/menit. Pengujian titik leleh berdasarkan perubahan bentuk pada sampel, yaitu perubahan dari padat hingga melunak atau keseluruhan sampel telah meleleh. Catat suhu pada *thermostat controller* ketika keseluruhan sampel telah meleleh dan ulang pengujian dengan 3 kali ulangan.

### Tekstur

Parameter uji tekstur cokelat hitam meliputi kekerasan, daya kohesif, elastisitas, kekenyalan, dan daya kunyah menggunakan *texture analyzer Brookfield CT3* (Brookfield Engineering Labs, Inc.). Pengaturan target ketebalan sampel (10mm), *trigger load* 6,8g; *test speed* 10mm/s; *return speed* 10mm/s; *load cell* 1000g; *data rate* 4points/s; *probe* TA 9 dengan 3 kali ulangan. Kekerasan (Hd) merupakan kekuatan (N) puncak pada saat kompresi pertama, daya kohesif (Ch) dihitung dari luasan di bawah kurva pada tekanan kedua (A2) dibagi dengan luasan di bawah kurva pada tekanan pertama (A1), elastisitas (Sp) merupakan jarak (mm) sampel pulih setelah kompresi pertama, kekenyalan:kekerasan x daya kohesif, daya kunyah:kekenyalan x elastisitas (Liu et al., 2019).

### Warna

Pengukuran warna sebanyak 3 kali ulangan untuk melihat perubahan warna sampel yang terjadi karena penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin dengan jumlah yang berbeda. Pengukuran warna menggunakan *precise color reader WF30* (Graigar). Ekspresi parameter warna dalam sistem CIELAB. L\* menunjukkan terang, mulai dari 0 (hitam) hingga 100 (putih), a\* menunjukkan hijau hingga level merah, mulai dari

+60 (merah) hingga -60 (hijau), dan b\* menunjukkan level biru hingga kuning, mulai dari +60 (kuning) hingga -60 (biru).

**Tingkat mengkilap (*Glossiness*)**

Pengukuran tingkat *gloss* dengan *gloss meter* AMN60 sebanyak 3 kali ulangan untuk menentukan jumlah cahaya dari permukaan. Penentuan pengujian tingkat mengkilap berdasarkan Schomaker et al. (2020). Kalibrasi *gloss meter* terlebih dahulu sebelum pengukuran dengan standar putih pada sudut 60°. Letakkan sampel pada bidang datar dan ukur serta catat dengan *gloss meter* cahaya yang bertemu dengan permukaan sampel dan pantulan intensitas cahaya

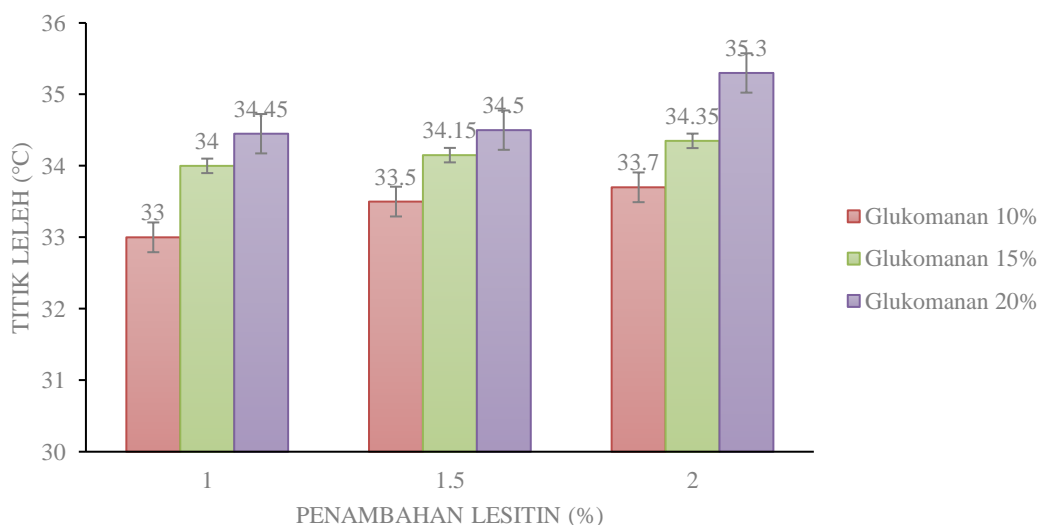
pada sudut 60°. Angka yang muncul pada alat *gloss meter* merupakan tingkat mengkilap dari sampel.

**Analisis Statistik**

Analisis data Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) pada titik leleh, kekerasan, daya kohesif, elastisitas, kekenyalan, daya kunyah, warna, dan tingkat mengkilap dengan 3 kali ulangan menggunakan metode Analisis Ragam (*Analysis of Variant* atau ANOVA) *General Linear Model 2* faktor dengan interaksi dan uji lanjut dengan *test post hoc Tukey HSD* pada *Minitab* 17.3.1.

Tabel 1 Formulasi penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin pada pembuatan cokelat hitam.

Perlakuan (%) (glukomanan porang; lesitin)	Komposisi (g/100 cokelat hitam)				
	Kakao Bubuk	Gula halus	Lemak kakao	Glukomanan porang	Lesitin
10; 1	30	30	35	4	1
10; 1.5	30	30	34,5	4	1,5
10; 2	30	30	34	4	2
15; 1	30	30	33	6	1
15; 1.5	30	30	32,5	6	1,5
15; 2	30	30	32	6	2
20; 1	30	30	31	8	1
20; 1.5	30	30	30,5	8	1,5
20; 2	30	30	30	8	2



Gambar 1 Pengaruh tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dari lesitin (1; 1,5; 2%) terhadap titik leleh cokelat hitam

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Titik leleh

Titik leleh merupakan salah satu sifat fisik yang penting untuk menentukan mutu cokelat serta untuk menentukan teknik penyimpanan yang tepat. Hal ini akan memengaruhi kesukaan konsumen ketika mengonsumsi cokelat (Asmawit, 2012). ANOVA menunjukkan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap titik leleh cokelat hitam, akan tetapi interaksi tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin tidak berpengaruh nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap titik leleh cokelat hitam. Titik leleh dipengaruhi oleh faktor individu masing – masing perlakuan glukomanan dan lesitin.

Gambar 1 menunjukkan pengaruh tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan. Semakin tinggi tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan maka titik leleh semakin meningkat. Karakteristik penting dari glukomanan adalah larut dalam air dan dapat meningkatkan viskositas. Viskositas tinggi dari glukomanan pada fase kontinu dapat menghambat droplet minyak dari flokulasi dan koalesensi (Dickinson 2018). Viskositas adalah gesekan internal fluida oleh pengukuran kekuatan ikatan antar partikel. Secara teoritis perlu sejumlah energi (panas) untuk memutus ikatan ini agar dapat mengurangi viskositas. Campuran cokelat yang sangat viskos membutuhkan lebih banyak energi (suhu tinggi) untuk meleleh sepenuhnya, sehingga menunjukkan bahwa cokelat dengan viskositas yang lebih tinggi meleleh pada suhu yang lebih tinggi (Amir et al. 2013).

Tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 20% memberikan pengaruh nyata pada kelompok lesitin 1; 1,5, dan 2% dengan menghasilkan titik leleh paling tinggi. Menurut da Silva et al. (2016), glukomanan memiliki kemampuan menahan air yang tinggi, hal ini karena adanya gugus hidroksil untuk membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan air dan menjebak molekul air karena karakteristik strukturalnya. Semakin tinggi penambahan glukomanan maka kemampuannya menahan air semakin meningkat, sehingga membuat cokelat lebih tidak mudah meleleh.

Gambar 2 menunjukkan pengaruh tingkat penggantian lemak kakao oleh lesitin. Semakin tinggi tingkat penggantian lemak kakao oleh

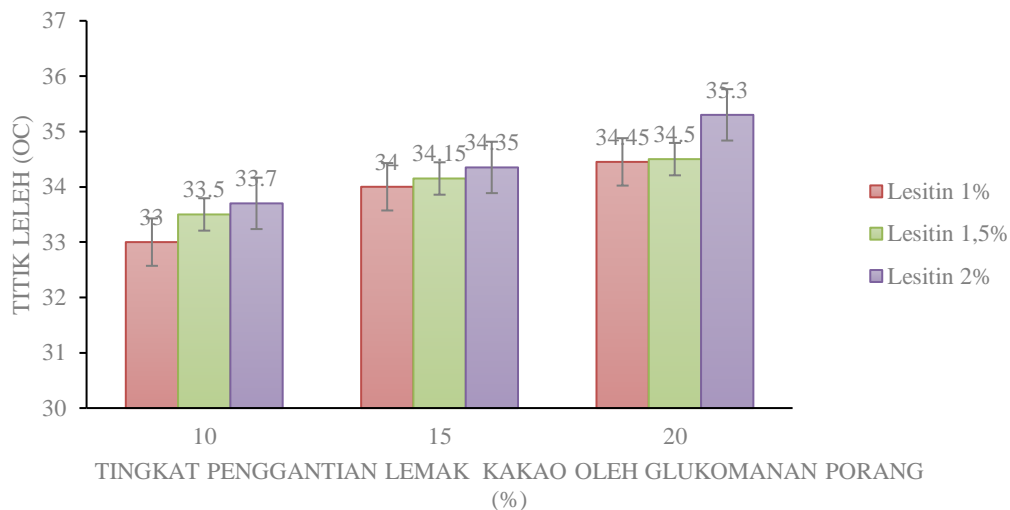
lesitin pada kelompok glukomanan 10; 15; dan 2% maka titik leleh semakin meningkat. Menurut Svanberg et al. (2013) lesitin menunjukkan dampak yang nyata pada kinetika kristalisasi lemak kakao dengan meningkatkan laju pertumbuhan kristal pada lemak kakao. Menurut Miyasaki et al. (2016) pengemulsi dapat mengubah kristalisasi dalam lemak kakao dengan bertindak mengurangi ukuran kristal, meningkatkan titik leleh, dan memperlambat interaksi polimorfik.

Tingkat penggantian lemak kakao oleh lesitin 2% menunjukkan pengaruh nyata pada kelompok tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 10; 15; dan 20% dengan menghasilkan titik leleh paling tinggi. Menurut Francis dan Chidambaram (2019) konsentrasi lesitin kedelai 0,5; 1; dan 1,5% (b/v) dalam fase minyak (lemak kakao) dapat menstabilkan hingga 20% volume fase air, sedangkan konsentrasi lesitin kedelai 2% (b/v) dalam lemak kakao dapat menstabilkan hingga 40% volume fase air. Menurut Rigolle et al. (2015) penambahan lesitin 2% menyebabkan tingkat pertumbuhan kristal yang lebih tinggi daripada penambahan lesitin 1%. Titik leleh yang lebih rendah disebabkan kristalisasi yang lebih lambat. Penambahan pengemulsi yang lebih tinggi ke lemak kakao meningkatkan suhu kristalisasi, mempercepat pembentukan kristal dan menghasilkan titik leleh yang lebih tinggi.

Menurut (Garti dan Aserin, 2012) bentuk  $\beta$ -V yaitu menghasilkan titik leleh (34 – 35 °C) sedangkan  $\beta$ -VI menghasilkan titik leleh (36 °C). Lemak kakao dalam proses pembuatan cokelat terjadi enam bentuk polimorfik (I-VI). Menurut (Svanberg et al. 2011) lemak akan membentuk struktur ikatan - ikatan polimorfik  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\beta'$  setelah pemanasan,. Ikatan polimorfik tersebut menunjukkan stabilitas termodinamika dan leleh yang berbeda Bentuk polimorfik I adalah yang kurang stabil dan bentuk V adalah bentuk yang stabil dan paling diinginkan, dimana masih dapat berubah menjadi bentuk VI yang paling stabil dalam penyimpanan (Torbica et al. 2014).

### Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu parameter kualitas tekstur cokelat yang utama. Kekerasan yang tepat menentukan daya tahan terhadap kerusakan fisik dan perubahan suhu (Ostrowska-Ligeza et al. 2019).



Gambar 2 Pengaruh lesitin dari tingkat penggantian lemak kakao (10,15, 20%) terhadap titik leleh coklat hitam

Tabel 2 Tekstur coklat hitam

Perlakuan(%) (Glukomanan; lesitin)	Tekstur				
	Kekerasan (N)	Daya Kohesif	Elastisitas (mm)	Kekenyalan (N)	Daya Kunyah (mJ)
10; 1	5.26 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.03 <sup>a</sup>	8.54 ± 0.17 <sup>a</sup>	3.93 ± 0.1 <sup>a</sup>	33.58 ± 1.52 <sup>a</sup>
10; 1.5	5.33 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.04 <sup>ab</sup>	8.83 ± 0.31 <sup>ab</sup>	4.07 ± 0.22 <sup>a</sup>	35.91 ± 1.1b <sup>a</sup>
10; 2	5.55 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.03 <sup>ab</sup>	10.14 ± 0.33 <sup>c</sup>	4.24 ± 0.25 <sup>a</sup>	43.03 ± 3.26 <sup>b</sup>
15; 1	5.94 ± 0.03 <sup>c</sup>	0.84 ± 0.02 <sup>abc</sup>	8.69 ± 0.51 <sup>ab</sup>	4.99 ± 0.11 <sup>b</sup>	43.4 ± 3.47 <sup>b</sup>
15; 1.5	6.01 ± 0.07 <sup>c</sup>	1.01 ± 0.02 <sup>f</sup>	9.12 ± 0.2 <sup>abc</sup>	6.04 ± 0.12 <sup>c</sup>	55.07 ± 0.67 <sup>c</sup>
15; 2	6.43 ± 0.09 <sup>d</sup>	0.97 ± 0.02 <sup>ef</sup>	9.23 ± 0.26 <sup>abc</sup>	6.23 ± 0.09 <sup>c</sup>	57.5 ± 1.09 <sup>c</sup>
20; 1	6.96 ± 0.05 <sup>e</sup>	0.86 ± 0.02 <sup>bcd</sup>	9.68 ± 0.49 <sup>bc</sup>	5.98 ± 0.14 <sup>c</sup>	57.91 ± 3.77 <sup>c</sup>
20; 1.5	7.29 ± 0.04 <sup>f</sup>	0.96 ± 0.07 <sup>def</sup>	8.7 ± 0.4 <sup>ab</sup>	7 ± 0.51 <sup>d</sup>	60.75 ± 2.3 <sup>c</sup>
20; 2	7.92 ± 0.06 <sup>g</sup>	0.89 ± 0.02 <sup>cde</sup>	8.26 ± 0.42 <sup>a</sup>	7.05 ± 0.12 <sup>d</sup>	58.24 ± 3.9 <sup>c</sup>

\*Hasil penelitian merupakan rerata dari 3 kali ulangan, perlakuan angka setelah ± merupakan hasil stdev, notasi berbeda menunjukkan pengaruh berbeda.

Perlakuan (10; 15; 20 %) :tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang. (1; 1.5; 2%): Penambahan lesitin

ANOVA tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin, serta interaksinya berpengaruh ( $P < 0,05$ ) terhadap kekerasan coklat hitam. Gambar 3. menunjukkan semakin tinggi tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin, maka kekerasan coklat hitam semakin meningkat. Glukomanan berpengaruh positif terhadap kekerasan dapat dikaitkan dengan kemampuannya menahan air dan membuat coklat lebih kompak dan lebih keras. Glukomanan memiliki gugus hidroksil untuk membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan air dan menjebak molekul air karena karakteristik strukturalnya (da Silva et al. 2016). Menurut Bohme et al. (2016) lesitin juga mempengaruhi kristalisasi lemak dalam coklat, sifat termal, dan kekerasan coklat.

Uji lanjut *Tukey HSD* menunjukkan interaksi perlakuan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin terdapat perbedaan nyata. Kekerasan tertinggi ( $7,92 \text{ N} \pm 0,06$ )<sup>g</sup> yaitu pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 20% dan lesitin 2 %. Kekerasan terendah ( $5,26 \text{ N} \pm 0,06$ )<sup>a</sup> yaitu pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10% dan lesitin 1 %. Menurut Zhou et al. (2013) peningkatan konsentrasi glukomanan yang lebih tinggi akan menghasilkan perbedaan yang drastis pada atribut kekerasan. Menurut Hu et al. (2016) glukomanan meningkatkan kekerasan pada konsentrasi tertentu. Semakin tinggi konsentrasi glukomanan yang diberikan akan meningkatkan aktivitas

pengemulsi dan meningkatkan stabilitas emulsi yang akan berpengaruh terhadap kekerasan. Menurut Rigolle et al. (2015) lesitin pada formulasi coklat untuk mengontrol sifat aliran dan mengubah laju kristalisasi lemak. Formulasi lesitin harus optimal untuk menghasilkan sifat aliran dan laju kristalisasi yang akan menentukan sebagian besar kekerasan coklat.

### **Daya Kohesifitas (*Cohesiveness*) Cokelat Hitam**

Daya Kohesivitas merupakan sifat-sifat yang empiris yang dalam penentuannya sering menggunakan *Texture Profile Analysis* (TPA) melalui tes kompresi. (Liu et al., 2019). Daya kohesifitas (Tabel 2.) coklat hitam berkisar (0,71 – 1,01). ANOVA tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin, serta interaksinya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap daya kohesifitas coklat hitam.

Tabel 2. menunjukkan peningkatan kohesifitas dari tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 10% dan lesitin 1% hingga pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 15% dan lesitin 1,5%. Penurunan daya kohesifitas terjadi pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 20% dan lesitin 1; 1,5; dan 2%. Menurut Akesowan (2019), kandungan glukomanan yang lebih tinggi meningkatkan peluang untuk menjadi gel yang lebih kohesifitas. Jumlah glukomanan yang berlebihan dapat meningkatkan viskositas sistem gel. Peningkatan viskositas tersebut mungkin mempengaruhi jaringan tiga dimensi glukomanan sehingga menurunkan daya kohesifitas. Menurut Hurler et al. (2012) jumlah agen pembentuk gel dalam formulasi sangat penting dalam menentukan sifat tekstur. Menurut Rigolle et al. (2015) pengaruh lesitin pada kristalisasi lemak kakao tergantung pada konsentrasi dan matriks yang ditambahkan. Konsentrasi lesitin yang lebih tinggi menunjukkan pengaruh penurunan pembentukan kristalisasi. Lesitin mengembangkan struktur yang berbeda pada konsentrasi yang lebih tinggi, mungkin karena fosfolipid berinteraksi satu sama lain lebih banyak.

Uji lanjut *Tukey HSD* menunjukkan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin terdapat perbedaan nyata. Daya kohesifitas tertinggi ( $1,01 \pm 0,06$ )<sup>f</sup> didapatkan pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 15 % dan lesitin 1,5 %. Daya kohesifitas

terendah ( $0,71 \pm 0,01$ )<sup>a</sup> didapatkan pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10 % dan lesitin 1 %. Menurut Imeson (2010) penambahan gel glukomanan pada makanan biasanya ditambahkan pada kisaran 0,1 - 1% dengan agen pembentuk gel lainnya, atau ditambahkan langsung pada tingkat hingga 5%, untuk menghasilkan daya kohesifitas yang lebih baik. Li et al. (2020) menjelaskan peningkatan daya kohesifitas maksimal hingga penambahan glukomanan 4% sedangkan penambahan glukomanan 5% terjadi penurunan daya kohesifitas. Menurut Miyasaki et al. (2016) penambahan pengemulsi lesitin pada lemak kakao meningkatkan suhu awal kristalisasi, serta mempengaruhi percepatan nukleasi. Campuran lemak kakao dan pengemulsi memiliki nilai entalpi kristalisasi terbesar. Pengemulsi lesitin dapat bertindak membentuk jaringan lemak yang lebih kohesif, lebih padat dan dengan adanya polimorf yang lebih homogen.

### **Elastisitas (*Springiness*) Cokelat Hitam**

Elastisitas merupakan parameter pengujian pada TPA (*Texture Profile Analysis*) untuk menentukan seberapa besar produk dapat kembali ke kondisi semula setelah tekanan pertama (Liu et al., 2019).

Nilai elastisitas coklat hitam (Tabel 2.) berkisar 8,20 – 10,14mm. ANOVA tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin tidak berpengaruh nyata ( $P > 0,05$ ), akan tetapi interaksi tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap elastisitas coklat hitam. Elastisitas meningkat dari tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 10% dan lesitin 1% hingga pada tingkat penggantian glukomanan 10% dan lesitin 2%, kemudian mengalami penurunan pada tingkat penggantian glukomanan 15% dan lesitin 1%. Peningkatan kembali terjadi pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 15% dan lesitin 1,5%, 2%, serta tingkat penggantian glukomanan 20% dan lesitin 1%. Penurunan kembali terjadi pada tingkat penggantian glukomanan 20% dan lesitin 1,5; 2%. Menurut Glicerina et al. (2013) dalam kondisi non destruktif elastisitas memiliki efek dominan pada viskositas. Menurut Herranz et al. (2012) pada suhu 50 °C hilangnya elastisitas akibat meningkatnya modulus kekentalan hal ini karena putusannya rantai glukomanan yang aktif secara elastis membentuk zona persimpangan, dan ikatan hidrogen yang menghubungkan rantai

glukomanan dengan molekul air. Fungsi lesitin menurut Smith et al. (2011) adalah semakin tinggi konsentrasi lesitin yang ditambahkan akan meningkatkan interaksi antar partikel. Komposisi fosfolipid yang bervariasi, mungkin memiliki efek yang berbeda pada sifat kristalisasi lemak.

Uji lanjut *Tukey HSD* menunjukkan interaksi perlakuan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin terdapat perbedaan nyata. Elastisitas tertinggi ( $10,14 \text{ mm} \pm 0,33$ )<sup>c</sup> yaitu pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10% dan lesitin 2%. Elastisitas terendah ( $8,20 \text{ mm} \pm 0,41$ )<sup>a</sup> yaitu pada perlakuan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10% dan lesitin 1%. Menurut Yang et al, (2021) glukomanan memiliki 5 - 10% gugus asetil acak dalam C-6, dan memiliki kemampuan gelasi. Terdapat korelasi antara rasio glukomanan dengan elastisitas. Rasio glukomanan yang meningkat menyebabkan struktur kecil yang terbentuk di zona persimpangan pada interaksi hidrofobik lebih banyak sehingga menghasilkan pembentukan gel yang kaku dan kemampuan retensi air yang relatif tinggi.

Lesitin mengurangi viskositas, meningkatkan aliran selama tempering, dan peningkatan aliran selama pencetakan. Lesitin juga bertindak sebagai pelumas partikel gula dan kakao dan mungkin kristal lemak, sehingga membuat aliran massa cokelat lebih cair (Garti dan Aserin, 2012).

### **Kekenyalan (*Gumminess*) Cokelat Hitam**

Kekenyalan adalah parameter TPA sekunder, yang mewakili energi yang dibutuhkan untuk mengunyah makanan semi padat ke keadaan tertelan dan secara numerik dinyatakan sebagai hasil dari nilai kekerasan dan kekompakan (Li et al., 2021).

Nilai kekenyalan (Tabel 2) cokelat hitam berkisar  $3,93 \text{ N} - 7,05 \text{ N}$ . ANOVA tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin, serta interaksinya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kekenyalan cokelat hitam. Peningkatan kekenyalan terjadi dari tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 10% dan lesitin 1% hingga tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 15% dan lesitin 2%. Penurunan kekenyalan terjadi pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan 20% dan lesitin 1% kemudian meningkat kembali pada tingkat penggantian lemak kakao oleh

glukomanan 20% dan lesitin 1,5%; 2%. Menurut Li et al. (2021) peningkatan kekenyalan setelah penambahan glukomanan yaitu alasan utama adalah adanya *crosslinking* rantai polisakarida dan perluasan jaringan. Penurunan kekenyalan dengan penambahan glukomanan pada konsentrasi tinggi mungkin terkait dengan *crosslinking* glukomanan yang berlebihan.

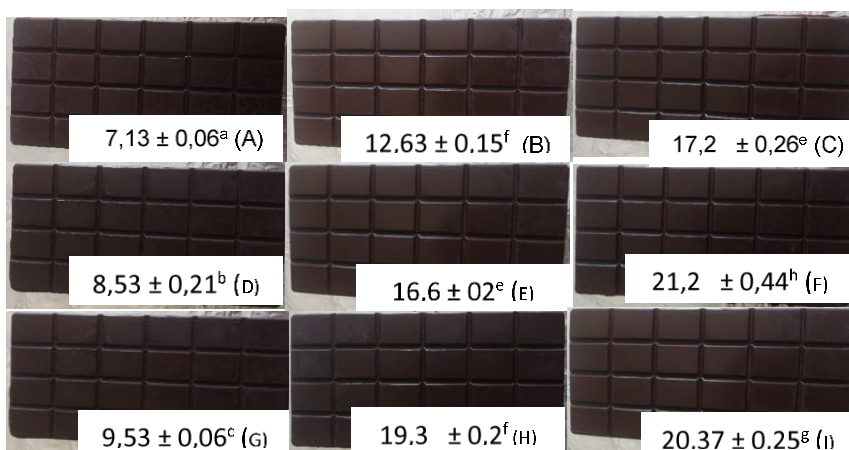
Uji lanjut *Tukey HSD* menunjukkan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin terdapat perbedaan nyata. Kekenyalan tertinggi ( $7,05 \text{ N} \pm 0,12$ )<sup>d</sup> yaitu pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 20% dan lesitin 1,5%. Kekenyalan terendah ( $3,93 \text{ N} \pm 0,1$ )<sup>a</sup> yaitu pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10% dan lesitin 1%.

### **Daya Kunyah (*Chewiness*) Cokelat Hitam**

Daya kunyah adalah energi untuk mengunyah makanan padat (Buda et al. 2021). Daya kunyah (Tabel 2) berkisar ( $33,58 - 61,01 \text{ mJ}$ ). ANOVA tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin, serta interaksinya terhadap daya kunyah cokelat hitam berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ). Rantai utama *konjac glucomannan* adalah D-manosa dan D-glukosa dengan ikatan -1,4-piranosida dan sejumlah kecil gugus asetil pada posisi C-6 rantai samping (Yang et al. 2017). Glukomanan memiliki kemampuan kapasitas retensi air dan sebagai bahan pembentuk gel, pengental, penstabil, serta sebagai pengganti lemak dalam beberapa pengolahan makanan dan minuman (Devaraj et al. 2019). Lesitin mengandung komponen hidrofobik dan hidrofilik yang digunakan sebagai sifat fungsional dalam pengolahan pangan. Lesitin dapat digunakan sebagai pengemulsi, pengganti lemak, dan bahan tambahan dalam pencampuran makanan (Datsomor et al. 2019).

Uji lanjut *Tukey HSD* menunjukkan kelompok perlakuan penggantian lemak kakao oleh glukomanan dengan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang (15 dan 20 %) dengan lesitin (1; 1,5; dan 2%) menunjukkan tidak ada perbedaan nyata. Daya kunyah tertinggi ( $60,75 \text{ mJ} \pm 2,3$ )<sup>c</sup> ditunjukkan pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 20% dan n lesitin 1,5%. Daya kunyah terendah ( $33,58 \pm 1,52$ )<sup>a</sup> ditunjukkan pada tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10% dan lesitin 1%.





Gambar 3 Glossiness cokelat hitam dengan tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin 10%; 1% (A), 10%;1,5% (B), 10%;2% (C), 15%;1% (D), 15%;1,5% (E), 15%;2% (F), 20%;1% (G), 20%;1,5% (H), 20%;2% (I).

Tabel 3 Warna Cokelat Hitam

Perlakuan (%) (glukomanan porang; lesitin)	Warna		
	L*	a*	b*
10; 1	34.68 ± 0.83 <sup>a</sup>	5.81 ± 0.1 <sup>a</sup>	16.12 ± 0.32
10; 1.5	35.04 ± 0.34 <sup>a</sup>	6.43 ± 0.2b <sup>a</sup>	17.12 ± 0.68
10; 2	35.17 ± 0.55 <sup>a</sup>	5.66 ± 0.03 <sup>a</sup>	17.45 ± 1.21
15; 1	35 ± 0.92 <sup>a</sup>	5.27 ± 0.15 <sup>a</sup>	18.17 ± 0.85
15; 1.5	35.42 ± 0.24 <sup>a</sup>	8.15 ± 1.59 <sup>b</sup>	19.42 ± 0.61
15; 2	35.55 ± 0.1 <sup>a</sup>	8.08 ± 0.09 <sup>b</sup>	19.69 ± 0.68
20; 1	35.67 ± 0.18 <sup>a</sup>	6.27 ± 0.06 <sup>a</sup>	17.88 ± 0.82
20; 1.5	37.64 ± 0.49 <sup>b</sup>	13.63 ± 0.83 <sup>c</sup>	27.49 ± 2.22
20; 2	35.23 ± 0.08 <sup>a</sup>	6.35 ± 0.03 <sup>a</sup>	17.9 ± 0.93

\*Hasil penelitian merupakan rerata dari 3 kali ulangan, perlakuan angka setelah ± merupakan hasil stdev, notasi berbeda menunjukkan pengaruh berbeda.. Perlakuan (10; 15; 20 %) :tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang. (1; 1.5; 2%): Penambahan lesitin

Efek peningkatan daya kunyah pada dasarnya telah dikaitkan dengan serat yang mendukung pembentukan matriks gel yang lebih kaku dengan sifat pengikatan air dan pengikatan lemak yang lebih baik (Jimenez-Colmenero et al. 2013). Makanan kenyal yang mengandung konjak glukomanan dapat memungkinkan pemulihan kemampuan pengunyahan (Jiang et al. 2019). Produk rendah lemak dengan gel konjak menunjukkan tekstur yang unggul dengan nilai yang lebih tinggi untuk kekerasan, kekompakan, kekenyalan, dan daya kunyah (Sorapukdee et al. 2020). Lesitin meningkatkan kelembutan dan daya kunyah, serta meningkatkan retensi kadar air (List 2015).

**Warna Cokelat Hitam**

Warna merupakan hal yang paling utama pada makanan, saat makanan memiliki warna

yang menarik cenderung memberikan dorongan kepada konsumen untuk mencoba produk tersebut. Warna adalah hal penting dalam suatu penampilan produk pangan, warna bergantung pada warna bahan pengisi (Nizori et al. 2021). Parameter warna (Tabel 3) L\* berkisar (35 - 37,64), a\* berkisar (5,27- 8,15),dan b\* berkisar (16,12 - 27,49).

ANOVA tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin, serta interaksinya berpengaruh nyata (P < 0,05) terhadap warna (L\*, a\*) cokelat hitam. Uji lanjut Tukey HSD (Tabel 3.) pada parameter tingkat kecerahan (L\*) dan tingkat kemerahan (a\*) dari penggantian lemak kakao oleh glukomanan dengan tingkat penggantian 20% dan lesitin 1,5% berbeda dengan perlakuan lain.

Menurut Aidoo et al. (2014) penambahan polisakarida pada produk coklat akan mempercepat karamelisasi dan reaksi Maillard karena akan mempercepat pembentukan warna coklat. Menurut Herranz et al. (2012) gel pada konsentrasi yang lebih tinggi memiliki kandungan air yang lebih sedikit dan lebih banyak kepadatan hubungan silang antara rantai polimer. Jaringan gel memiliki zona persimpangan yang lebih banyak yang dapat membentuk jejak kristalinitas yang dapat menyebarkan cahaya menjadi gel yang lebih tembus cahaya. Pengurangan kadar lemak umumnya mendukung munculnya pewarnaan yang lebih gelap (kemerahan yang lebih tinggi dan cahaya yang lebih rendah)

### Tingkat Glossy (*Glossiness*) Cokelat Hitam

Aspek penting untuk penampilan coklat adalah *glossiness*. Konsumen mendeskripsikan nilai *glossiness* yang tinggi dengan kualitas coklat (Krasnow dan Migoya, 2015). Gambar 2. menunjukkan tingkat *glossy* dengan pengukuran pada sudut  $60^{\circ}$  berkisar antara 7,13 – 21,2 GU. Tingkat *glossy* tertinggi ( $21,2 \pm 0,44$ )<sup>b</sup> didapatkan dari tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 15% dan lesitin 2%. Tingkat *glossy* terendah ( $7,13 \pm 0,06$ )<sup>a</sup> didapatkan dari tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 10% dan lesitin 1%.

ANOVA penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang dan lesitin serta interaksinya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ), terhadap Tingkat *glossy* coklat hitam. Uji lanjut Tukey HSD (Gambar 2.) menunjukkan penggantian lemak kakao oleh glukomanan porang 15% dan lesitin 2% paling berbeda nyata.

Cokelat dengan tingkat *glossy* tinggi menghasilkan permukaan yang halus dan spekuler lebih besar daripada coklat dengan *glossiness* tinggi. Cokelat hitam memiliki *glossiness* lebih tinggi daripada coklat susu (Schomaker et al. 2020). Glukomanan menstabilkan sistem emulsi dengan larut dalam air (hidrofilik). Glukomanan dapat menstabilkan emulsi dengan meningkatkan viskositas pengemulsi. Viskositas tinggi dari glukomanan berfungsi untuk menghambat droplet minyak dari flokulasi dan koalesensi sehingga emulsi dapat stabil (He et al. 2020).

Peran lesitin ketika ditambahkan pada coklat yaitu dengan mengurangi viskositas coklat ketika berinteraksi dengan antarmuka antara sukrosa (*hidrofilik*) dan fase minyak (*lipofilik*) dari lemak kakao. Semakin tinggi

koncentrasi lesitin akan semakin mengurangi viskositas coklat akan tetapi secara langsung juga meningkatkan kemampuan lemak kakao untuk menyebar pada permukaan partikel (Caparosa dan Hartel 2020). Tingkat *glossy* coklat pada dasarnya tergantung pada bentuk kristal lemak kakao dan partikel padat yang terkandung. Bentuk kristal yang stabil memberikan coklat tekstur yang baik, penampilan mengkilap, dan rasa yang enak (Sun et al. 2021).

### KESIMPULAN

Tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin memberikan pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap titik leleh, kekerasan, daya kohesifitas, kekenyalan, daya kunyah, warna ( $L, a^*$ ), dan tingkat mengkilap. Interaksi tingkat penggantian lemak kakao oleh glukomanan dan lesitin memberikan pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap kekerasan, daya kohesifitas, elastisitas, kekenyalan, daya kunyah, warna ( $L, a^*$ ), dan *glossiness*. Glukomanan porang dan lesitin dapat bermanfaat sebagai pengganti lemak kakao dalam pembuatan coklat rendah lemak serta dapat memperbaiki sifat fisik coklat hitam.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Dosen Fakultas Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya atas dukungannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aidoo, R.P., Afoakwa, E.O., Dewettinck, K. 2014. Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture - Rheological, microstructure and physical quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 126, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.036>
- Akesowan, A. 2019. Optimization of sugar-free konjac gel texture containing erythritol-sucralose sweetener for producing healthy jam \*Akesowan., *Food Research*, 3(June), 241–248.
- Amir, Sharon, Syafiq, W.X.R., Amir, I.Z., Sharon, W.X.R., Syafiq, A. 2013. D-optimal mixture design on melting and textural properties of dark chocolate as affected by cocoa butter substitution with xanthan

- gum/guar gum blends. *International Food Research Journal*, 20(4), 1991–1995.
- Asmawit. 2012. Penelitian substitusi lemak kakao dengan lemak kelapa sawit dalam pembuatan coklat batang. *Biopropal Industri*, 3(1), 17–21.
- Buda, U., Priyadarshini, M.B., Majumdar, R. K., Mahanand, S.S., Patel, A.B., Mehta, N.K. 2021. Quality characteristics of fortified silver carp surimi with soluble dietary fiber: Effect of apple pectin and konjac glucomannan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 175, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.191>
- Caparosa, M.H., Hartel, R.W. 2020. Characterizing Lecithin Interactions in Chocolate Using Interfacial Properties and Rheology. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*. <https://doi.org/10.1002/aocs.12419>
- da Silva, D.F., Barbosa de Souza Ferreira, S., Bruschi, M.L., Britten, M., Matumoto-Pintro, P.T. 2016. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 60, 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.03.034>
- Dickinson, E. 2018. Hydrocolloids acting as emulsifying agents – How do they do it? *Food Hydrocolloids*, 78, 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.025>
- Francis, F.P., Chidambaram, R. 2019. Hybrid hydrogel dispersed low fat and heat resistant chocolate. *Journal of Food Engineering*, 256(September 2018), 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.012>
- Garti, N., Aserin, A. 2012. Effect of Emulsifiers on Cocoa Butter and Chocolate Rheology, Polymorphism, and Bloom. In *Cocoa Butter and Related Compounds*. AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9830791-2-5.50015-3>
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., Romani, S. 2016. Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 169, 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011>
- He, S., Gu, C., Wang, D., Xu, W., Wang, R., Ma, Y. 2020. The stability and in vitro digestion of curcumin emulsions containing Konjac glucomannan. *Lwt*, 117(June 2019), 108672. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108672>
- Herranz, B., Borderias, A.J., Solas, M.T., Tovar, C.A. 2012. Influence of measurement temperature on the rheological and microstructural properties of glucomannan gels with different thermal histories. *Food Research International*, 48(2), 885–892. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.005>
- Herranz, B., Borderias, A.J., Solo-de-Zaldívar, B., Solas, M.T., Tovar, C.A. 2012. Thermostability analyses of glucomannan gels. Concentration influence. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.011>
- Hu, Y., Liang, H., Xu, W., Wang, Y., An, Y., Yan, X., Ye, S., Huang, Q., Liu, J., Li, B. 2016. Synergistic effects of small amounts of konjac glucomannan on functional properties of egg white protein. *Food Hydrocolloids*, 52, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.001>
- Jiang, Y., Reddy, C.K., Huang, K., Chen, L., Xu, B. 2019. Hydrocolloidal properties of flaxseed gum/konjac glucomannan compound gel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 1156–1163. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.187>
- Jimenez-Colmenero, F., Cofrades, S., Herrero, A.M., Solas, M.T., Ruiz-Capillas, C. 2013. Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.06.015>
- Krasnow, M.N., Migoya, F. 2015. *The Effect of Hardening Surfaces on Gloss, Surface Appearance, and Consumer Acceptance of Chocolates*. April 2015, 37–41. <https://doi.org/10.1080/15428052.2014.955159>

- Li, L., Liu, G. 2019. Corn oil-based oleogels with different gelation mechanisms as novel cocoa butter alternatives in dark chocolate. *Journal of Food Engineering*, 263(May), 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.06.001>
- Li, Z., Zhang, L., Mao, C., Song, Z., Li, X., Liu, C. 2021. Preparation and characterization of konjac glucomannan and gum arabic composite gel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183(June), 2121–2130. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.196>
- List, G.R. 2015. Soybean Lecithin: Food, Industrial Uses, and Other Applications. In *Polar Lipids: Biology, Chemistry, and Technology* (Issue 1913). AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-044-3.50005-4>
- Liu, Y.X., Cao, M.J., Liu, G.M. 2019. Texture analyzers for food quality evaluation. In *Evaluation Technologies for Food Quality*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814217-2.00017-2>
- Miyasaki, E.K., Luccas, V., Kieckbusch, T.G. 2016. Modified soybean lecithins as inducers of the acceleration of cocoa butter crystallization. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(10), 1539–1549. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500093>
- Nizori, A., Tanjung, O.Y., Ulyarti, U., Arzita, A., Lavlinesia, L., Ichwan, B. 2021. Pengaruh Lama Fermentasi Biji Kakao (Theobroma Cacao L.) Terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Organoleptik Bubuk Kakao. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 9(2), 129–138. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2021.009.02.7>
- Ostrowska-Ligeża, E., Marzec, A., Górska, A., Wirkowska-Wojdyła, M., Bryś, J., Rejch, A., Czarkowska, K. 2019. A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta*, 671(October 2018), 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.11.005>
- Petyaev, I.M., Bashmakov, Y.K. 2017. Dark Chocolate: Opportunity for an Alliance between Medical Science and the Food Industry? *Frontiers in Nutrition*, 4(September). <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00043>
- Prosapio, V., Norton, I.T. 2019. Development of fat-reduced chocolate by using water-in-cocoa butter emulsions. *Journal of Food Engineering*, 261(March), 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.06.018>
- Ramlah, S., Yumas, M. 2017. Pengaruh Formulasi Dan Asal Biji Kakao Fermentasi Terhadap Mutu Dan Citarasa Dark Chocolate. (Effect of Formulation and Fermented Cocoa Beans Origin to Dark chocolate's Quality and Flavour). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(1), 58–75. <https://doi.org/10.33104/jihp.v12i1.2806>
- Rigolle, A., Gheysen, L., Depypere, F., Landuyt, A., Van Den Abeele, K., Foubert, I. 2015. Lecithin influences cocoa butter crystallization depending on concentration and matrix. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(11), 1722–1732. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400555>
- Saputro, A.D., Muhammad, D.R.A., Sunarharum, W.B., Kusumadevi, Z., Irmandharu, F. 2021. Physical characteristics of chocolate made from cocoa bean fermented at different duration: A preliminary study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 653(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012039>
- Schomaker, M., Schräer, C., Lörcher, M. 2020. Measurement and Control of the Gloss of Chocolate. *Chemical Engineering and Technology*, 43(11), 2336–2343. <https://doi.org/10.1002/ceat.202000003>
- Skelhon, T.S., Grossiord, N., Morgan, A.R., Bon, S.A.F. 2012. Quiescent water-in-oil Pickering emulsions as a route toward healthier fruit juice infused chocolate confectionary. *Journal of Materials Chemistry*, 22(36), 19289–19295. <https://doi.org/10.1039/c2jm34233b>
- Skelhon, T.S., Olsson, P.K.A., Morgan, A.R., Bon, S.A.F. 2013. High internal phase agar hydrogel dispersions in cocoa butter and chocolate as a route towards reducing fat content. *Food and Function*, 4(9), 1314–1321. <https://doi.org/10.1039/c3fo60122f>

- Sorapukdee, S., Jansa, S., Tangwatcharin, P. 2020. *Quality and stability of reduced-fat fermented pork sausage ( Sai Krok E-san ) with konjac gel during chilled storage*. *16*(1), 143–154.
- Stortz, T.A., Laredo, T., Marangoni, A.G. 2015. The Role of Lecithin and Solvent Addition in Ethylcellulose-Stabilized Heat Resistant Chocolate. *Food Biophysics*, *10*(3), 253–263. <https://doi.org/10.1007/s11483-014-9379-7>
- Sun, P., Xia, B., Ni, Z.J., Wang, Y., Elam, E., Thakur, K., Ma, Y.L., Wei, Z.J. 2021. Characterization of functional chocolate formulated using oleogels derived from  $\beta$ -sitosterol with  $\gamma$ -oryzanol/lecithin/stearic acid. *Food Chemistry*, *360*(April), 130017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130017>
- Supriati, Y. 2016. Keanekaragaman Iles-Iles (Amorphophallus Spp.) Dan Potensinya Untuk Industri Pangan Fungsional, Kosmetik, Dan Bioetanol. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, *35*(2), 69. <https://doi.org/10.21082/jp3.v35n2.2016.p69-80>
- Suri, T., Basu, S. 2021. Heat resistant chocolate development for subtropical and tropical climates: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *0*(0), 1–20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1888690>
- Syafiq, A., Amir, I.Z., Sharon, W.X.R. 2014. Mixture experiment on rheological properties of dark chocolate as influenced by cocoa butter substitution with xanthan gum/corn starch/ glycerin blends. *International Food Research Journal*, *21*(5), 1887–1892.
- Talbot, G. 2012. Chocolate and Cocoa Butter-Structure and Composition. *Cocoa Butter and Related Compounds*, 1–33. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9830791-2-5.50004-9>
- Widjanarko, S.B., Widyastuti, E., Rozaq, F.I. 2015. The Effect of Porang (Amorphophallus muelleri Blume) Milling Time Using Ball Mill (Cyclone Separator) Method Toward Physical and Chemical Properties of Porang Flour. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, *3*(3), 867–877.
- Yang, J.S., Kim, J., Hahn, J., Choi, Y.J. 2021. *Development of flaxseed gum / konjac glucomannan with agar as gelling agents with enhanced elastic properties*. April, 1–19. <https://doi.org/10.20944/preprints202104.0189.v1>
- Yanuriati, A., Marseno, D.W., Rochmadi, Harmayani, E. 2017. Characteristics of glucomannan isolated from fresh tuber of Porang (Amorphophallus muelleri Blume). *Carbohydrate Polymers*, *156*, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.080>
- Zhang, H., Zhang, F., Yuan, R. 2020. Applications of natural polymer-based hydrogels in the food industry. In *Hydrogels Based on Natural Polymers*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816421-1.00015-X>
- Zhou, Y., Cao, H., Hou, M., Nirasawa, S., Tatsumi, E., Foster, T.J., Cheng, Y. 2013. Effect of konjac glucomannan on physical and sensory properties of noodles made from low-protein wheat flour. *FRIN*, *51*(2), 879–885. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.002>
- Zhu, F. 2018. Modifications of konjac glucomannan for diverse applications. *Food Chemistry*, *256*(September 2017), 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.151>