

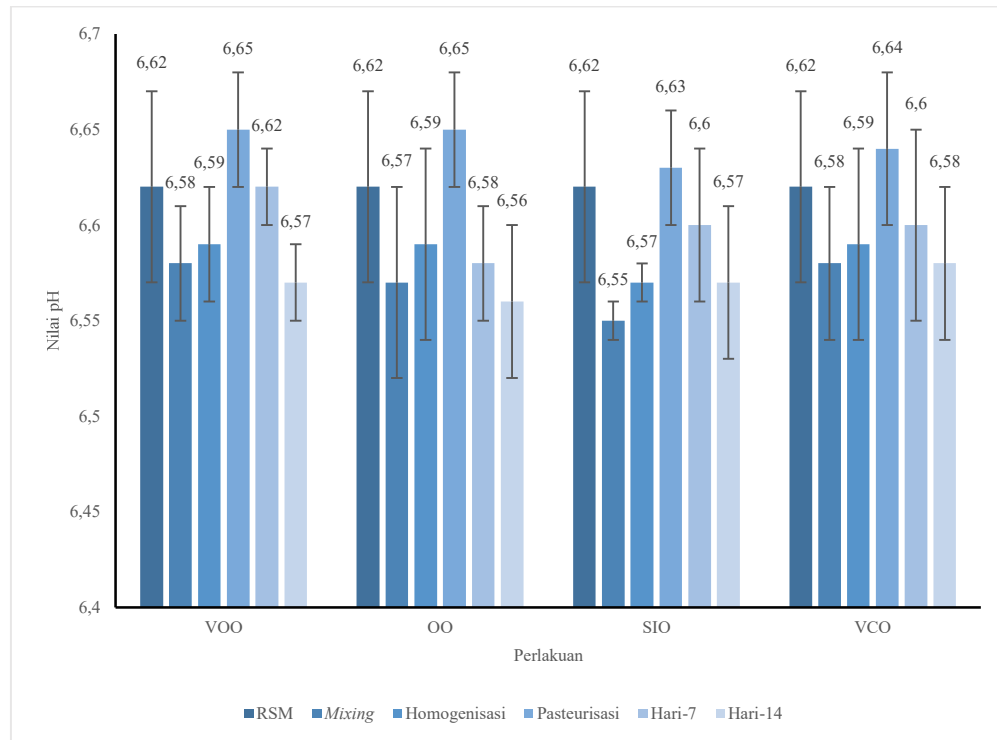
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang ditampilkan adalah hasil analisis dari pengujian susu kambing lemak nabati. Data hasil pengujian dianalisis berdasarkan pengaruh dari penambahan variasi minyak nabati meliputi *Virgin Olive Oil* (VOO), *Olive Oil* (OO), *Sacha Inchi Oil* (SIO), dan *Virgin Coconut Oil* (VCO) terhadap nilai pH, total asam, aktivitas antioksidan, dan *Total Plate Count* (TPC) dari susu kambing lemak nabati. Data hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk setiap parameter. Pembahasan hasil penelitian diuraikan secara lengkap sebagai berikut.

4.1 Nilai pH Susu Kambing Lemak Nabati

Pengujian nilai pH yang dilakukan pada sampel *raw skim milk* (kontrol) dan sampel dengan 4 perlakuan jenis minyak berbeda melalui 5 tahapan proses, diperoleh data primer pengukuran nilai pH pada Lampiran 2. Berdasarkan data primer nilai pH yang didapatkan, menghasilkan data hasil nilai pH pada Ilustrasi 4. sebagai berikut.



Ilustrasi 4. Nilai pH Susu Kambing Lemak Nabati dengan perlakuan *Virgin Olive Oil* (VOO), *Olive Oil* (OO), *Sacha Inchi Oil* (SIO), serta *Virgin Coconut Oil* (VCO) pada tahap *Raw Skim Milk* (RSM), *mixing*, *homogenisasi*, *pasteurisasi*, *penyimpanan 7 hari* dan *14 hari*

Nilai pH atau derajat keasaman termasuk indikator penting dalam pengujian kualitas susu karena secara langsung berhubungan terhadap kestabilan kimia dan aktivitas mikroba. Berdasarkan Ilustrasi 4, hasil pengujian nilai pH berada pada rentang pH 6,55 – 6,65 di berbagai perlakuan jenis minyak dan tahapan proses. Hal ini menunjukkan bahwa di setiap tahapan proses pada berbagai jenis minyak memiliki perubahan nilai yang relatif kecil sehingga dapat dikatakan tidak menunjukkan perbedaan yang besar. Kisaran nilai pH tersebut dapat dikatakan normal dan susu yang dihasilkan berkualitas baik selama proses pengolahan dan penyimpanan. Menurut Sulmiyati (2016) menyatakan bahwa rentang pH susu segar mirip dengan susu pasteurisasi yaitu berkisar antara pH 6,5 – 6,8.

Kestabilan nilai pH susu kambing lemak nabati diduga dipengaruhi oleh kemampuan sistem emulsi dalam mempertahankan keseimbangan fase minyak dan fase air selama masa penyimpanan. Bahan yang ditambahkan seperti lesitin *sunflower*, *gliserol monostearat* (GMS), dan karagenan berperan membantu membantuk emulsi yang lebih homogen, sehingga interaksi antar komponen menjadi lebih stabil. Kondisi yang terjadi ini menyebabkan perubahan pH berlangsung lebih lambat karena reaksi degradasi serta pemisahan fase dapat diminimalisir. Selain itu, protein susu terutama kasein dan protein whey memiliki kemampuan *buffering*, sehingga kondisi pH mampu dipertahankan selama penyimpanan. Susu memiliki sistem *buffer* alami yang berperan menjaga stabilitas pH. Sistem *buffer* berfungsi menjaga penurunan pH berlangsung lambat karena perubahan konsentrasi ion hidrogen dapat ditekan, meskipun asam organik terbentuk saat penyimpanan.

Nilai pH yang terjadi mulai dari *raw skim milk* hingga penyimpanan 2 minggu memiliki tren yang sama pada setiap perlakuan. Tahap *raw skim milk* hingga *mixing* dan homogenisasi memiliki tren pH cenderung turun meskipun hanya sedikit. Penurunan pH sebelum pasteurisasi utamanya disebabkan karena *raw skim milk* memiliki pH cenderung netral dan kaya akan nutrisi sehingga ideal untuk pertumbuhan mikroba. *Raw milk* biasanya terdiri dari bakteri asam laktat dari genus *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Leuconostoc* (Machado *et al.*, 2017). Selain itu, penurunan pH disebabkan karena penambahan bahan seperti minyak, *emulsifier*, dan *stabilizer* ke dalam susu skim, sehingga terjadi emulsi minyak dalam air (O/W) yang membuat struktur emulsi berubah.

Penurunan pH juga diakibatkan karena pencampuran bahan dengan proses *mixing* serta homogenisasi. Menurut Hayes dan Kelly (2003) yang dikutip dalam Samani dan Naji (2019) menyatakan bahwa proses homogenisasi dapat memperkecil ukuran partikel dan meningkatkan lipolisis lemak sehingga terjadinya emulsi susu-minyak yang membuat pH turun.

Tahap homogenisasi hingga pasteurisasi memiliki tren pH cenderung naik pada masing-masing perlakuan dari pH 6,57 – 6,59 menjadi pH 6,63 – 6,65. Hal ini dikarenakan pemanasan saat pasteurisasi menyebabkan terjadinya perubahan struktur protein susu akibat denaturasi dan berinteraksi dengan misel kasein, sehingga berubahnya keseimbangan ion dan pH menjadi sedikit meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Kouamé *et al.* (2024) bahwa perlakuan panas dalam susu mampu meningkatkan pH karena terjadinya perubahan interaksi pada whey protein dan misel kasein saat pemanasan yang menyebabkan sifat keasaman terukur berubah. Selain itu, pasteurisasi susu kambing tidak merubah pH dalam rentang yang besar, meskipun tetap berpengaruh terhadap *acidity* dan stabilitas fisikokimia sistem susu (Bousbia *et al.*, 2021). Sedikit kenaikan pH saat pasteurisasi tergolong aman sebagai hasil dari perlakuan panas pada susu.

Penyimpanan susu kambing lemak nabati selama 2 minggu menunjukkan tren pH cenderung menurun. Penurunan pH selama penyimpanan menandakan bahwa tingkat keasaman susu semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena selama proses penyimpanan, terjadi aktivitas pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pramesthi *et al.* (2015) bahwa jumlah bakteri memengaruhi pH susu, bakteri pada susu yang semakin banyak akan mengubah laktosa susu menjadi

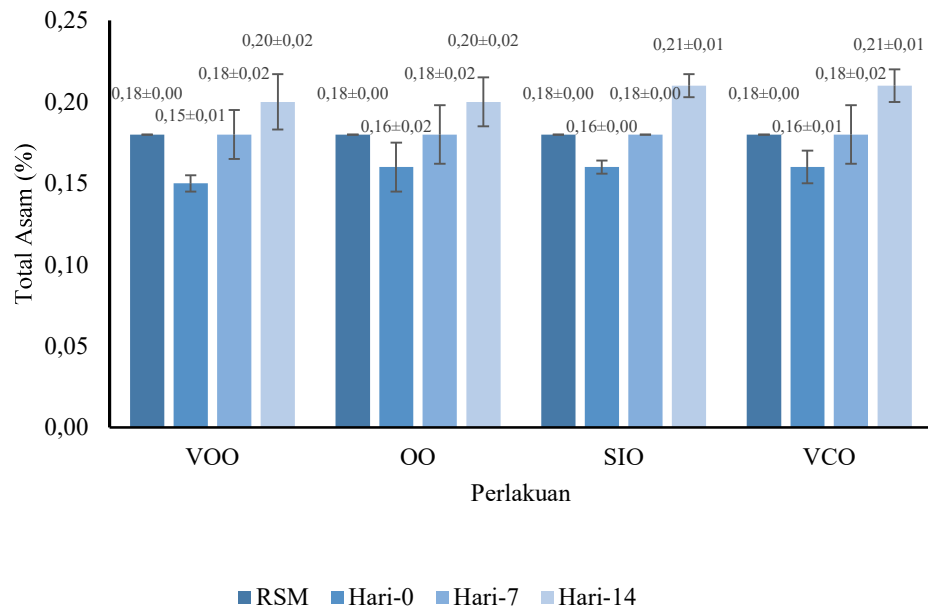
asam laktat sehingga susu menjadi asam. Bakteri asam laktat yang mendegradasi laktosa bersifat anaerob dan dapat tumbuh optimal pada suhu 30–40°C (Tan *et al.*, 2020). Bakteri asam laktat yang terdapat pada susu seperti *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactococcus lactis* (Umar *et al.*, 2014).

Perlakuan penambahan jenis minyak nabati yang berbeda tidak menunjukkan perubahan nilai pH yang besar selama proses pengolahan maupun penyimpanan. Kondisi ini menunjukkan bahwa minyak nabati lebih berperan sebagai sumber lemak dalam sistem emulsi, dibandingkan sebagai komponen yang memengaruhi tingkat keasaman produk. Selain itu, adanya protein susu, lesitin *sunflower*, GMS, dan karagenan membantu mempertahankan kestabilan emulsi sehingga perubahan pH antar perlakuan relatif kecil. Hasil ini menggambarkan bahwa penggunaan berbagai jenis minyak nabati dapat menghasilkan susu kambing lemak nabati dengan karakteristik keasaman yang stabil saat penyimpanan. Penelitian yang dilakukan oleh Azizah *et al.* (2015) menunjukkan penggunaan berbagai minyak nabati berdampak pada kestabilan emulsi hingga 100%. Penelitian lain yang dilakukan Ayu *et al.* (2020) juga menyatakan bahwa penambahan bahan tambahan dalam produk dengan sistem emulsi minyak dalam air sangat memengaruhi stabilitas emulsi.

4.2 Total Asam Susu Kambing Lemak Nabati

Pengujian total asam yang dilakukan pada sampel *raw skim milk* (kontrol) dan sampel dengan 4 perlakuan jenis minyak berbeda melalui 3 tahapan lama penyimpanan didapatkan dengan perhitungan lengkap pada Lampiran 3.

Berdasarkan perhitungan total asam yang dilakukan, menghasilkan data hasil nilai total asam pada Ilustrasi 5. sebagai berikut.



Ilustrasi 5. Total Asam Susu Kambing Lemak Nabati dengan perlakuan *Virgin Olive Oil* (VOO), *Olive Oil* (OO), *Sacha Inchi Oil* (SIO), serta *Virgin Coconut Oil* (VCO) pada tahap *Raw Skim Milk* (RSM), setelah pasteurisasi atau penyimpanan 0 hari, 7 hari dan 14 hari

Berdasarkan Ilustrasi 5, hasil pengujian total asam secara keseluruhan berada pada rentang 0,15% – 0,21% dari 3 kali pengulangan. Total asam pada berbagai perlakuan penambahan minyak menunjukkan peningkatan seiring dengan lama penyimpanan. *Raw skim milk* (kontrol) memiliki total asam sebesar 0,18%, hari-0 pasteurisasi pada perlakuan VOO memiliki total asam terendah sebesar 0,15%, lalu diikuti perlakuan OO, SIO, dan VCO sebesar 16%. Perlakuan 4 jenis minyak berbeda pada hari-7 pasteurisasi memiliki total asam yang sama yaitu sebesar 0,18%. Hari-14 pasteurisas pada perlakuan VOO dan OO memiliki total asam terendah sebesar 0,20%, lalu diikuti perlakuan SIO dan VCO sebesar 0,21%.

Total asam memiliki kaitan yang erat dengan jumlah mikroba dan umumnya berbanding terbalik dengan pH. Data penelitian menunjukkan semakin lama penyimpanan maka semakin tinggi total asamnya pada setiap perlakuan, sedangkan nilai pH hanya mengalami perubahan yang relatif kecil. Tren kenaikan total asam menunjukkan akumulasi asam organik selama penyimpanan. Nilai pH yang relatif kecil diduga karena adanya kapasitas penyangga (*buffering capacity*) dari protein, asam organik, serta garam mineral pada susu yang dapat menahan perubahan konsentrasi ion hidrogen, sehingga pH sehingga tidak turun terlalu tajam akibat pemanasan (El-Garhi *et al.*, 2026; Kim *et al.*, 2018). Oleh karena itu, peningkatan total asam dan penurunan pH tidak selalu linear, pH menggambarkan aktivitas ion H^+ bebas, sedangkan total asam menggambarkan jumlah asam secara keseluruhan baik yang terikat maupun bebas.

Susu dengan perlakuan SIO dan VCO memiliki total asam tertinggi di akhir penyimpanan, diikuti perlakuan OO dan terakhir perlakuan VOO. Hal ini menunjukkan total asam produk susu bukan hanya dipengaruhi oleh lama penyimpanan, tetapi juga jenis minyak, stabilitas sistem emulsi, dan interaksi komponen lemak dengan protein susu, *emulsifier* serta *stabilizer*. Perubahan total asam dipengaruhi oleh dua proses utama, yaitu aktivitas mikroba asam dan hidrolisis lemak (Ryabova *et al.*, 2023). Mikroba asam seperti bakteri asam laktat dan bakteri psikrotrof dapat tumbuh meskipun disimpan dalam suhu rendah. Bakteri asam laktat memakai laktosa dan karbohidrat lain pada susu sebagai substrat untuk menghasilkan asam laktat dan asam organik lain, sehingga total asam susu semakin meningkat dan dapat memengaruhi masa simpan (Colombo *et al.*, 2018; Guan *et*

al., 2025). Bakteri psikrotrof seperti *Pseudomonas*, *Serratia* dan *Bacillus* dapat menghasilkan enzim protease serta lipase yang sifatnya *heat-stable* serta mampu menurunkan mutu susu (Zhang *et al.*, 2020). Hal ini menandakan jumlah mikroba yang tidak besar dalam susu, tetap dapat meningkatkan keasaman susu dari aktivitas enzimatik dan menurunkan mutu sensoris susu. Pasteurisasi susu kambing lemak nabati 72°C selama 1 menit dengan lanjutan *hot filling* dan *shock cooling* dapat menurunkan mikroba awal dengan cepat, namun tidak sepenuhnya membunuh mikroba. Mikroba termotoleran dan psikrotrof tetap hidup dan berkembang selama penyimpanan dingin, serta dapat menghasilkan enzim melalui aktivitas enzimatik yang berperan untuk degradasi komponen susu (Peretti *et al.*, 2025).

Hidrolisis lemak dari substitusi minyak nabati pada susu dapat dihasilkan asam lemak bebas melalui enzim lipase yang diproduksi oleh mikroba atau enzim endogen susu. Proses pemecahan trigliserida menjadi bagian yang lebih sederhana menjadi sumber utama dihasilkannya asam lemak bebas yang dapat meningkatkan total asam susu. Lipolisis termasuk mekanisme utama yang menghasilkan asam lemak bebas dari trigliserida, karena adanya aktivitas enzimatis dan kondisi tertentu saat pengolahan dan penyimpanan (Wiking *et al.*, 2017). Selain itu, adanya bakteri psikrotrof yang dapat hidup pada suhu rendah juga berfungsi menghasilkan enzim lipase, sehingga proses hidrolisis lemak berjalan lebih cepat (Munsch-alatossava *et al.*, 2019). Asam lemak bebas yang terbentuk dari hasil lipolisis seperti asam lemak rantai pendek dan menengah. Asam lemak khususnya rantai pendek dapat berpengaruh terhadap sifat kimia dan sensoris susu (Christophe *et al.*, 2025). Perlakuan fisik saat pembuatan susu seperti proses homogenisasi bertekanan tinggi

juga dapat mempercepat lipolisis karena pengecilan ukuran globula yang membuat luas permukaannya semakin besar (Capela *et al.*, 2025). Kondisi ini memudahkan trigliserida dijangkau enzim lipase dan asam lemak bebas bertambah.

Susu perlakuan minyak *sacha inchi* (SIO) memiliki total asam tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan komposisi minyak *sacha inchi* kaya asam lemak tak jenuh ganda (PUFA). Tingginya kandungan PUFA seperti omega-3 dan omega-6 membuat SIO lebih rentan terhadap reaksi oksidasi saat penyimpanan, sehingga memicu terbentuknya senyawa hasil oksidasi seperti peroksida dan aldehid yang menyebabkan *off-flavor* (Suwannasang *et al.*, 2022). Minyak yang memiliki derajat ketidakjenuhan tinggi akan lebih rentan terhadap oksidasi yang dapat merusak stabilitas sistem emulsi, khususnya jika *emulsifier* sebagai pelindung antarmuka kurang bekerja maksimal (Ghelichi *et al.*, 2023). Hal ini membuat permukaan globula lemak mudah dijangkau enzim lipase dan mikroba residu, sehingga hidrolisis lemak terbentuk lebih cepat dan meningkatkan total asam. Tingginya total asam pada perlakuan SIO menggambarkan bahwa karakteristik minyak yang digunakan dapat memengaruhi perubahan kimia selama penyimpanan. Kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi pada SIO menyebabkan minyak mudah mengalami reaksi oksidasi dibandingkan minyak dengan kandungan asam lemak jenuh yang lebih tinggi. Produk yang teroksidasi dapat mengalami penurunan stabilitas sistem emulsi dan memicu terbentuknya senyawa hasil degradasi yang berkontribusi terhadap peningkatan keasaman produk. Kondisi ini membuat perlakuan SIO memiliki total asam yang tinggi.

Susu perlakuan VCO juga memiliki total asam tinggi, namun umumnya penambahan VCO cenderung lebih stabil terhadap oksidasi karena asam lemak jenuh rantai sedang yang dominan. Hal ini menunjukkan kenaikan total asam bukan hanya dipengaruhi oleh sifat minyak, namun juga disebabkan karena aktivitas mikrobiologis. Mikroba asam khususnya bakteri asam laktat menggunakan laktosa untuk menghasilkan asam laktat yang berperan menaikkan keasaman saat penyimpanan. Mikroba juga dapat menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan membuat total asam meningkat (Munsch-alatossava *et al.*, 2019).

Susu perlakuan OO memiliki total asam dibawah perlakuan SIO dan VCO setelah penyimpanan 2 minggu. OO memiliki asam lemak tak jenuh yang cukup tinggi, sehingga tetap memiliki kerentanan terhadap perubahan kimia dan fisik pada emulsi susu (Ivanova *et al.*, 2020). Selain asam lemak tak jenuh, OO juga memiliki senyawa minor seperti polifenol dan tokoferol yang mampu memberi efek melindungi dari degradasi sehingga total asam susu perlakuan OO lebih rendah dari perlakuan SIO. Senyawa antioksidan ini dapat menghambat reaksi oksidasi lipid sehingga asam lemak bebas lebih lambat terbentuk (Derakhshandeh-Rishehri *et al.*, 2023). Antioksidan dalam minyak juga ikut menjaga stabilitas sistem emulsi sehingga penurunan mutu terhambat. Total asam susu perlakuan OO sedikit berada di atas susu perlakuan VOO menandakan minyak OO yang ditambahkan cenderung stabil, namun tidak sekuat minyak VOO untuk menjaga mutu selama disimpan.

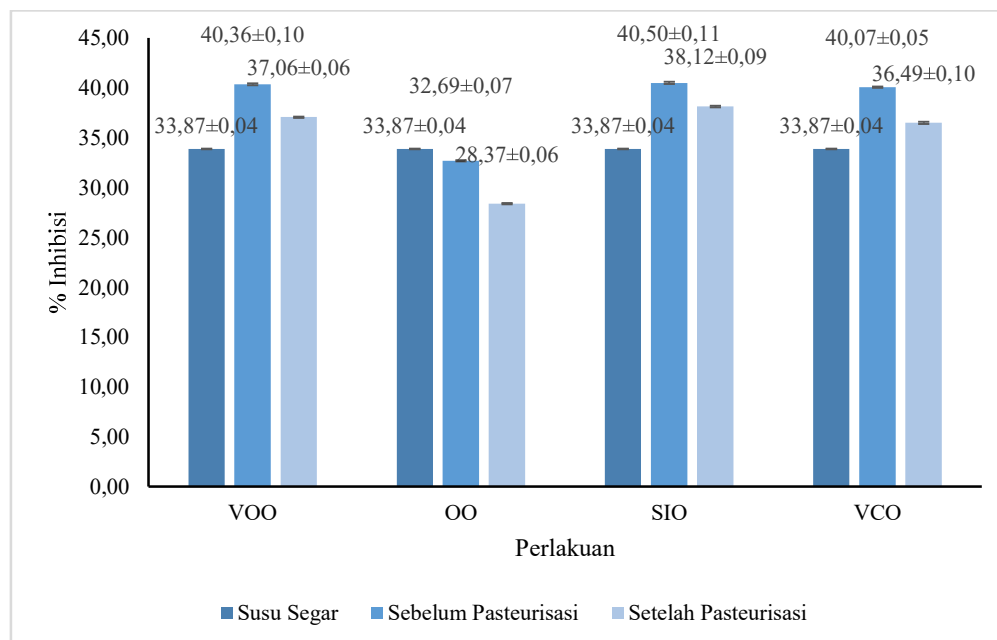
Susu perlakuan VOO memiliki total asam terendah dibanding perlakuan lain. Hal ini dikarenakan senyawa fenolik seperti *hydroxytyrosol* dan *tyrosol* VOO lebih tinggi dibandingkan OO, sehingga dapat mencegah reaksi oksidasi lipid dengan

lebih baik (Jimenez-lopez *et al.*, 2020). Antioksidan alami pada VOO berperan menjaga kestabilan emulsi susu serta memperlambat pembentukan asam lemak bebas. Hal ini membuat asam bebas yang terbentuk cenderung lebih lambat dari perlakuan lain, meskipun tetap terjadi peningkatan total asam saat disimpan di suhu dingin.

Total asam *raw skim milk* lebih tinggi dibandingkan total asam susu pada berbagai perlakuan hari-0 setelah pasteurisasi. Hal ini menandakan bahwa penambahan minyak nabati, lesitin, GMS, dan karagenan tidak meningkatkan keasaman secara langsung, namun membentuk sistem emulsi susu yang lebih stabil. Penambahan GMS dan lesitin berperan sebagai *emulsifier* yang membantu membentuk dan menstabilkan lapisan antarmuka globula lemak, sehingga struktur sistem menjadi lebih homogen. Lesitin diketahui dapat meningkatkan stabilitas emulsi rekombinasi dan memperbaiki kestabilan sistem lemak dalam matriks susu (Koo *et al.*, 2019). Karagenan sebagai hidrokoloid juga dapat meningkatkan viskositas dan kestabilan sistem melalui interaksinya dengan protein susu (Sutariya and Salunke, 2023). Kondisi sistem yang lebih stabil ini dapat menekan terjadinya perubahan komponen susu selama pasteurisasi dan berpotensi mengurangi aktivitas mikroba sisa, sehingga total asam yang terukur pada perlakuan menjadi lebih rendah. Total asam susu kambing lemak nabati selama 2 minggu penyimpanan masih berada dalam rentang batas aman kisaran mutu susu yang dipersyaratkan. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2011), standar kualitas susu memiliki total asam antara 0,10-0,26%. Produk susu kambing lemak nabati memenuhi kisaran mutu yang dipersyaratkan.

4.3 Aktivitas Antioksidan Susu Kambing Lemak Nabati

Pengujian aktivitas antioksidan yang dilakukan pada sampel *raw skim milk* (kontrol) dan sampel dengan 4 perlakuan jenis minyak berbeda melalui 2 tahapan proses didapatkan dengan perhitungan lengkap pada Lampiran 4. Berdasarkan perhitungan aktivitas antioksidan yang dilakukan, menghasilkan data hasil nilai aktivitas antioksidan pada Ilustrasi 6. sebagai berikut.



Ilustrasi 6. Aktivitas Antioksidan Susu Kambing Lemak Nabati dengan perlakuan *Virgin Olive Oil* (VOO), *Olive Oil* (OO), *Sacha Inchi Oil* (SIO), serta *Virgin Coconut Oil* (VCO) pada tahap susu kambing segar, sebelum pasteurisasi dan setelah pasteurisasi

Berdasarkan Ilustrasi 6, hasil pengujian aktivitas antioksidan dengan metode ABTS secara keseluruhan berada pada rentang 28,37%–40,50% dari 3 kali pengulangan. Aktivitas antioksidan susu kambing lemak nabati tertinggi ke terendah yaitu susu perlakuan SI, lalu diikuti susu perlakuan VOO, VCO, dan OO,

baik sebelum maupun setelah pasteurisasi. Aktivitas antioksidan pada *raw skim milk* sebesar 33,87% dari 3 kali pengulangan.

Data penelitian aktivitas antioksidan berada pada rentang 28%–40% baik sebelum maupun setelah pasteurisasi, hasil ini sudah memenuhi nilai kisaran antioksidan susu kambing pasteurisasi dengan metode ABTS. Penelitian Panchal *et al.* (2022) menyatakan susu kambing pasteurisasi dengan metode ABTS memiliki nilai antioksidan sekitar 3%–49% maksimal. Penelitian lain menyatakan aktivitas antioksidan susu kambing metode ABTS mencapai 52,27% pada kondisi tertentu yaitu fermentasi (Panchal *et al.*, 2020). Hasil uji ABTS menunjukkan bahwa formulasi susu kambing lemak nabati dengan penambahan minyak nabati berpotensi sebagai pangan fungsional karena memiliki nilai tambah dari aspek antioksidan. Komponen bioaktif dari susu kambing dan minyak nabati tetap turut serta menangkap radikal bebas, meskipun terjadi penurunan antioksidan setelah pasteurisasi. Hasil aktivitas antioksidan diketahui dapat berbeda antar penelitian meskipun menggunakan sampel yang sama. Hasil antar penelitian dapat berbeda berdasarkan prinsip kerja masing-masing metode uji, seperti ABTS, DPPH, dan FRAP, karena tiap metode berbeda mekanisme pengujian (Juncker *et al.*, 2021).

Data hasil pengujian menunjukkan tren penurunan aktivitas antioksidan setelah proses pemanasan akibat pasteurisasi pada semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan dapat mengurangi stabilitas komponen antioksidan. Penelitian yang dilakukan Chen *et al.* (2025) menyatakan pemanasan menurunkan komponen antioksidan yang peka terhadap panas serta denaturasi protein dan enzim. Efek degradatif pemanasan dapat menurunkan komponen

bioaktif seperti vitamin A, C, E, dan senyawa fenolik (Juncker *et al.*, 2021). Proses degradasi membuat struktur molekul antioksidan berubah, senyawa tertentu teroksidasi, serta kemampuan senyawa dalam mendonorkan atau menetralkan radikal bebas berkurang. Pemanasan pada susu yang ditambahkan minyak juga menurunkan kestabilan emulsi, sehingga ikut memengaruhi kinerja komponen bioaktif seperti antioksidan. Kondisi ini berhubungan dengan pendistribusian senyawa fenolik yang menentukan seberapa maksimal aktivitas antioksidannya. Letak antarmuka pada emulsi minyak dalam air sangat penting sebagai tempat interaksi berlangsung. Letak antioksidan memengaruhi efektivitas senyawa fenolik mampu meningkat atau menurun, dilihat dari fase minyak dalam air, jenis *emulsifier*, dan komposisi susu (Kiokias dan Oreopoulou, 2022). Namun, sebagian penelitian tidak memiliki perbedaan yang besar setelah proses pasteurisasi. Penelitian Lorençoni *et al.* (2020) menyatakan tidak terjadi penurunan aktivitas antioksidan setelah pasteurisasi. Hal ini menunjukkan metode uji dan proses pengolahan sangat memengaruhi hasil aktivitas antioksidan baik sebelum dan setelah pasteurisasi.

Hasil aktivitas antioksidan dari uji ABTS yang berbeda-beda menunjukkan karakteristik setiap minyak yang tidak sama. Susu perlakuan SIO memiliki nilai antioksidan tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan kandungan dari biji SIO yang tinggi dan berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan secara alami. SIO dikenal memiliki asam lemak tak jenuh khususnya α -linolenat. SIO juga kaya komponen bioaktif seperti tokoferol, senyawa fenolik, fitosterol, terpenoid, dan vitamin E (Sánchez *et al.*, 2023). Komponen bioaktif tersebut dapat berperan

maksimal jika dapat terdispersi dengan baik dalam emulsi susu, terutama area antarmuka minyak dan air sebagai lokasi utama terbentuknya oksidasi lipid. Selain itu, tingginya kandungan tokoferol dapat meningkatkan stabilitas oksidatif minyak, sehingga aktivitas antioksidan terjaga meskipun melalui pemanasan (Rodríguez *et al.*, 2021). Tingginya aktivitas antioksidan pada perlakuan SIO menunjukkan bahwa karakteristik minyak nabati yang digunakan berperan penting terhadap nilai antioksidan produk akhir. Kandungan tokoferol, fitosterol, dan asam lemak tidak jenuh pada minyak *sacha inchi* tidak hanya berfungsi sebagai komponen nutrisi, tetapi juga berkontribusi untuk menghambat reaksi oksidasi selama pengolahan. Pemilihan jenis minyak menjadi satu bagian penting untuk menentukan potensi fungsional susu kambing lemak nabati.

Susu perlakuan VOO memiliki nilai antioksidan tertinggi kedua dibanding perlakuan VCO dan OO. Hal ini dipengaruhi oleh komponen senyawa fenolik khas VOO seperti *hydroxytyrosol* dan *oleuropein* yang memiliki daya tangkap radikal sangat baik (Kouka *et al.*, 2017). Senyawa fenolik dapat berkontribusi besar dalam kestabilan oksidatif dan antioksidan. Namun, efektivitasnya bukan hanya berdasarkan jumlah senyawa, tetapi juga dari lingkungan emulsi yang stabil seperti letak distribusi, interaksi antarmuka, minyak, dan air. Proses distribusi senyawa fenolik yang tidak maksimal dapat menurunkan kinerja untuk menghambat oksidasi meskipun kandungannya tinggi (Kiokias dan Oreopoulou, 2022). Hal ini membuat hasil antioksidan VOO berada dibawah SIO.

Susu perlakuan VCO memiliki nilai antioksidan urutan ketiga. Hal ini diduga karena VCO memiliki komponen bioaktif seperti tokoferol, fenolik, dan total asam

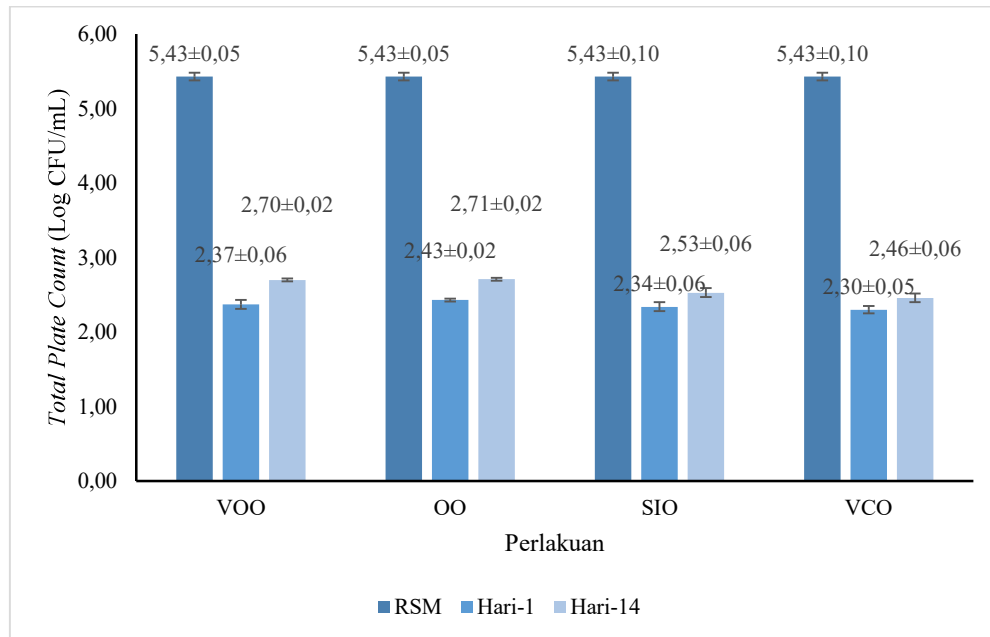
rantai sedang, sehingga berkontribusi dalam nilai antioksidan susu (Zeng *et al.*, 2022). Hasil antioksidan perlakuan VCO yang tidak setinggi SIO dan VOO karena secara keseluruhan, profil senyawa bioaktifnya tidak sekuat minyak yang tinggi fenolik. Selain itu, minyak kelapa cenderung lebih tinggi komponen minor dibandingkan senyawa fenolik, sehingga daya tangkap radikalnya juga kurang maksimal. Sistem emulsi yang baik juga ikut berkontribusi dalam memaksimalkan nilai antioksidan saat pengujian. Susu perlakuan OO memiliki antioksidan yang terendah dibanding perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan kandungan fenolik OO tergolong lebih rendah dibandingkan VOO karena adanya pemurnian, senyawa fenolik seperti *secoiridoid* hilang saat *refining* (Vidal *et al.*, 2022). Proses pemurnian dapat mengubah variasi komposisi fenolik dan membuat aktivitas antioksidan berkurang, sehingga daya tangkap radikalnya cenderung lebih kecil. Selain itu, proses pemanasan juga membuat degradasi komponen bioaktif, seperti senyawa fenolik (*hydroxytyrosol*) serta tokoferol (α -*tocopherol*, β -*tocopherol*, dan γ -*tocopherol*), sehingga kapasitas aktivitas antioksidan semakin menurun (Yalcin dan Schreiner, 2018). Hal ini menandakan bahwa tidak hanya jenis minyak yang memengaruhi aktivitas antioksidan, namun tingkat pengolahan minyak juga berpengaruh.

Substitusi lemak susu kambing dengan berbagai minyak nabati dapat dikatakan berhasil mempertahankan aktivitas antioksidan, terutama saat dibandingkan dengan *raw skim milk* sebagai dasar acuan awal. Hal ini dapat dikaitkan dengan nilai antioksidan akhir setelah pasteurisasi yang tetap terlindungi, sehingga adanya formulasi emulsi dan penambahan minyak tetap menjaga

antioksidan susu. Emulsi yang stabil mampu mendistribusikan senyawa bioaktif pada fase antarmuka, minyak, dan air sebagai area kritis oksidasi lipid, sehingga efektivitas antioksidannya maksimal (Kiokias dan Oreopoulou, 2022). Selain itu, penambahan minyak sebesar 3% masih mampu menghasilkan sistem emulsi yang stabil selama proses pengolahan. Hal ini diduga karena adanya peran lesitin, GMS, dan karagenan dalam membantu senyawa bioaktif tersebar merata dengan tetap menjaga kestabilan produk susu. Kondisi ini memungkinkan aktivitas antioksidan tetap terjaga meskipun produk sudah dipasteurisasi. Jumlah minyak yang terlalu besar membuat sistem emulsi kurang stabil karena besarnya ukuran droplet minyak, sehingga dapat menyebabkan terjadinya koalesensi dan agregasi (Costa *et al.*, 2021).

4.4 *Total Plate Count* (TPC) Susu Kambing Lemak Nabati

Pengujian total mikroba dengan metode *Total Plate Count* yang dilakukan pada sampel *raw skim milk* (kontrol) dan sampel dengan 4 perlakuan jenis minyak berbeda melalui 2 tahapan lama penyimpanan didapatkan dengan perhitungan lengkap pada Lampiran 5. Berdasarkan perhitungan *Total Plate Count* yang dilakukan, menghasilkan data hasil nilai *Total Plate Count* pada Ilustrasi 7. sebagai berikut.



Ilustrasi 7. *Total Plate Count* Susu Kambing Lemak Nabati dengan perlakuan *Virgin Olive Oil* (VOO), *Olive Oil* (OO), *Sacha Inchi Oil* (SIO), serta *Virgin Coconut Oil* (VCO) pada tahap *Raw Skim Milk* (RSM), penyimpanan 1 hari dan 14 hari

Berdasarkan Ilustrasi 7, hasil pengujian total mikroba dengan *Total Plate Count* yang terkandung pada 1 ml susu berdasarkan *Colony Forming Unit* (CFU). Total mikroba hasil penelitian menunjukkan jumlah rata-rata pada susu kambing lemak nabati berada pada rentang 2,30 – 2,37 log CFU/mL pada penyimpanan hari-1, 2,46 – 2,71 log CFU/mL pada penyimpanan hari-14, dan total mikroba pada *raw skim milk* memiliki rata-rata sebesar 5,43 log CFU/mL dari 3 kali pengulangan. Total bakteri susu kambing lemak nabati terendah pada perlakuan VCO lalu diikuti perlakuan SI, VOO, dan OO baik pada penyimpanan hari-1 maupun penyimpanan hari-14 di dalam *refrigerator*.

Raw skim milk memiliki nilai TPC tertinggi dibandingkan susu perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan susu skim masih belum mengalami proses pasteurisasi, sehingga jumlah mikrobanya tergolong tinggi. Total mikroba sampel *raw skim milk* dapat berasal dari susu yang secara alami memiliki mikroflora dari ambing, saluran puting, alat pemerahan, proses *handling*, wadah penampungan, serta kondisi udara lingkungan sekitar (Du *et al.*, 2020; Ouamba *et al.*, 2023). Susu kambing lemak nabati dengan penambahan minyak nabati dan dipasteurisasi berhasil menurunkan jumlah total mikroba dibanding *raw skim milk*. Hasil total mikroba berkurang sebesar 3 log setelah susu dipasteurisasi pada penyimpanan 1 hari, dan berkurang sebesar 2 log pada penyimpanan 14 hari disemua perlakuan. Hal ini menunjukkan pasteurisasi 72°C selama 1 menit dapat menurunkan populasi mikroba. Penelitian yang dilakukan Herrera-Chávez *et al.* (2022) menyatakan susu yang dipasteurisasi dapat menurunkan mikroba sebesar 3 log dari 5,08 log CFU/mL menjadi 2,26 log CFU/mL.

Penurunan nilai TPC sebesar 2-3 log menunjukkan proses pasteurisasi dapat dikatakan berhasil menekan pertumbuhan mikroba awal susu. *Log reduction* adalah alat yang digunakan untuk menggambarkan tingkat inaktivasi mikroorganisme secara eksponensial, setiap 1 log menandakan penurunan sebesar 10 kali (Schmidt *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan 2-3 log mikroba setara dengan ratusan hingga ribuan kali. Nilai TPC tidak langsung menjadi nol karena proses pasteurisasi berbeda dengan proses sterilisasi. Pasteurisasi bertujuan untuk menurunkan mikroba patogen dan mikroba pembusuk, serta menginaktivasi sel vegetatif, namun tidak semua mikroba mati (Reich *et al.*, 2017). Sedangkan,

sterilisasi bertujuan untuk membunuh seluruh mikroba hingga nol mikroba.

Hasil nilai TPC hari pertama penyimpanan setelah pasteurisasi pada semua perlakuan berada pada kisaran 2 log CFU/mL. Jumlah TPC hari pertama penyimpanan setelah pasteurisasi dapat berasal dari sebagian mikroba susu yang tertinggal karena tahan terhadap panas. Sel vegetatif pembentuk spora termofilik tetap dapat hidup pada suhu tinggi dan mampu hidup pada suhu dingin seperti *Paenibacillus* (Alles *et al.*, 2017). Mikroba tersebut dapat berkembang dan memengaruhi penambahan hasil TPC susu. Selain itu, mikroba yang tersisa juga dapat berasal dari hasil rekontaminasi pasca pasteurisasi akibat *handling* yang kurang higienis. Kontaminasi ulang pada produk susu dapat terjadi selama proses pengemasan, pendinginan, maupun berkembangnya bakteri gram negatif *psikrotrofik* seperti *Pseudomonas* (Martin *et al.*, 2018).

Penyimpanan selama 2 minggu di dalam *refrigerator* menunjukkan peningkatan total mikroba pada setiap perlakuan meskipun dalam jumlah yang sedikit. Lama penyimpanan dapat berpengaruh terhadap stabilitas mikroorganisme. Hal ini menandakan proses penyimpanan susu di suhu sekitar 4°C tetap dapat membuat sebagian mikroba berkembang selama proses penyimpanan (Yalew *et al.*, 2024). Secara keseluruhan, hasil nilai TPC masih berada dalam batas maksimum cemaran mikroba mulai dari *raw skim milk* hingga susu 2 minggu penyimpanan. Menurut Badan Standardisasi Nasional (2011), susu segar yang baik memiliki nilai TPC berada di bawah 1×10^6 CFU/mL atau setara dengan log 6. Hal ini menunjukkan produk susu masih aman secara mikrobiologis dari segi nilai TPC. Kenaikan jumlah mikroba selama penyimpanan sejalan dengan peningkatan total

asam dan penurunan pH pada seluruh perlakuan. Mikroorganisme yang tumbuh selama penyimpanan memanfaatkan nutrisi dalam susu dan menghasilkan asam organik sebagai hasil metabolisme. Hasil akumulasi asam membuat total asam meningkat, sedangkan perubahan pH yang relatif kecil dikarenakan adanya sistem penyangga alami pada susu. Hasil ini menggambarkan bahwa perubahan jumlah mikroba selama penyimpanan berhubungan dengan perubahan sifat kimia susu, namun seluruh perlakuan masih memenuhi batas mutu yang ditetapkan.

Perbedaan hasil total mikroba pada setiap perlakuan diduga karena penambahan minyak yang memiliki karakteristik berbeda. Total mikroba susu perlakuan VCO meningkat dari 2,30 log CFU/mL menjadi 2,46 log CFU/mL setelah 2 minggu penyimpanan. Total mikroba susu perlakuan VCO menunjukkan nilai TPC terendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini karena VCO memiliki kandungan asam lemak rantai menengah khususnya asam laurat yang dikenal tinggi aktivitas antimikroba pada berbagai mikroorganisme, sehingga dapat menghambat tumbuhnya bakteri serta jamur dengan cara merusak membran sel mikroba (Couto *et al.*, 2021; Nitbani *et al.*, 2022). Penambahan VCO bukan hanya menambah efek dari segi nutrisi, tetapi juga menekan pertumbuhan mikroba dalam susu. Selain itu, penambahan VCO pada sistem emulsi susu yang baik dapat memiliki sifat antimikroba secara maksimal terhadap bakteri, karena mampu menghambat mikroba yang asalnya dari susu seperti *Staphylococcus aureus* sehingga kondisi mikroba menjadi tidak optimal untuk bertumbuh (Widianingrum *et al.*, 2023).

Total mikroba susu perlakuan SIO meningkat dari 2,34 log CFU/mL menjadi 2,53 log CFU/mL. Total mikroba susu perlakuan SIO menunjukkan nilai TPC

terendah kedua dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini karena minyak SIO memiliki kandungan asam lemak tak jenuh khususnya asam linolenat (omega-3) sebesar 48,5%, asam linoleat (omega-6) sebesar 34,8%, serta komponen bioaktif seperti fenolik dan antioksidan alami (Maya *et al.*, 2023). Komponen fenolik berperan menghambat aktivitas mikroba seperti *E. coli* dan *S. aureus* serta dapat membantu menstabilkan sistem emulsi. Terdapat 16 komponen fenolik yang ditemukan pada minyak SIO (Ramos-escudero *et al.*, 2020). Selain itu, sistem emulsi yang stabil juga sangat berpengaruh dalam menjaga kondisi produk tetap baik dan minyak terdistribusi dengan merata. Hal ini karena minyak yang terdistribusi rata membantu mencegah pertumbuhan mikroba lebih cepat. Peningkatan total mikroba umum terjadi pada susu yang disimpan, karena masih terdapat mikroba yang dapat berkembang meskipun jumlahnya cenderung kecil dan cenderung meningkat semakin lama penyimpanan (Skeie *et al.*, 2019).

Total mikroba susu perlakuan VOO meningkat dari 2,37 log CFU/mL menjadi 2,70 log CFU/mL. Total mikroba susu perlakuan VOO menunjukkan nilai TPC tertinggi kedua. Hal ini karena VOO memiliki asam lemak tak jenuh tunggal dan komponen bioaktif seperti senyawa fenolik, polifenol, tokoferol yang tinggi (Fancello *et al.*, 2022). Senyawa fenolik polar dalam VOO berperan penting dalam sebagai antimikroba dan antioksidan. Senyawa fenolik polar VOO meliputi asam fenolik dan turunannya, flavonoid, lignan, alkohol fenolik, dan secoiridoid (Zullo dan Ciafardini, 2020). Selain itu, sistem emulsi yang stabil juga berperan membuat mikroba tidak memiliki kondisi ideal untuk bertumbuh.

Total mikroba susu perlakuan OO meningkat dari 2,43 log CFU/mL menjadi 2,71 log CFU/mL. Total mikroba susu perlakuan OO menunjukkan nilai TPC tertinggi dibanding perlakuan lainnya khususnya dibanding VOO. Hal ini karena OO memiliki perbedaan kandungan dan proses pembuatan berbeda dari VOO. Kandungan OO seperti asam oleat tetap dominan, namun senyawa komponen bioaktif minor yang lebih rendah dibandingkan VOO karena proses pemurnian atau *refining*. Proses pemurnian seperti netralisasi, *bleaching*, dan deodorisasi mampu mengurangi komponen fenolik, tokoferol, dan karotenoid dalam minyak (Wu *et al.*, 2019). Oleh karena itu, aktivitas mikroba pada minyak OO cenderung lebih rendah. Senyawa fenolik sebagai salah satu komponen bioaktif minor memiliki sifat antimikroba serta dapat mengganggu membran sel mikroba (Melguizo-Rodríguez *et al.*, 2021).

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, substitusi lemak susu kambing dengan berbagai jenis minyak nabati berpengaruh terhadap karakteristik kimia dan mikrobiologi susu kambing lemak nabati selama pengolahan dan penyimpanan. Produk memiliki sistem emulsi lebih stabil setelah homogenisasi dan pasteurisasi. Nilai pH cenderung stabil selama penyimpanan, sedangkan total asam mengalami peningkatan seiring lama penyimpanan namun masih memenuhi standar mutu. Minyak nabati dapat mempertahankan aktivitas antioksidan meskipun mengalami penurunan akibat pemanasan, dengan aktivitas antioksidan tertinggi pada perlakuan SIO. Hasil TPC memiliki stabilitas mikrobiologis yang baik dan memenuhi standar SNI mutu susu selama penyimpanan, dengan stabilitas mikrobiologi terbaik pada perlakuan VCO. Susu kambing lemak nabati berpotensi dikembangkan menjadi produk pangan fungsional dengan mutu kimia dan mikrobiologi yang baik.

5.2 Saran

Proses pasteurisasi perlu diteliti lebih lanjut dengan variasi suhu dan waktu yang berbeda agar diperoleh kondisi pengolahan yang paling optimal untuk menekan pertumbuhan mikroba dan menjaga mutu produk. Uji aktivitas antioksidan dapat dikembangkan dengan metode lain seperti DPPH atau FRAP, sehingga hasilnya beragam dan dapat memberikan gambaran secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramovic, H., Grobin, B., Ulrih, N.P., dan Cigic, B. 2017. The methodology applied in dpph, abts and folin-ciocalteau assays has a large influence on the determined antioxidant potential. *Acta Chim Slov*, 64(2): 491–499. <https://doi.org/10.17344/acsi.2017.3408>.
- Acar, A., dan Arslan, D. 2017. Some technological pretreatments applied during olive oil extraction: impacts on quality parameters and minor constituents. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 4: 47–57. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2017.04.6>.
- Alarcón-de-la-Lastra, C. 2022. Olive oil antioxidants. *Antioxidants*, 11(5): 8–11. <https://doi.org/10.3390/antiox11050996>.
- Alles, A.A., Wiedmann, M., dan Martin, N.H. 2017. Rapid detection and characterization of postpasteurization contaminants in pasteurized fluid milk. *Journal of Dairy Science*, 101(9): 7746–7756. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14216>.
- Almeida, E.S., Silva, D.F., Oliveira, N.S. De, Fernandes, J.S., Oliveira, B.C.S., Monteiro, S., Almeida, F. V, Braga, J.W.B., dan Dias, A.C.B. 2025. Statistical and multivariate evaluation of olive oil degradation during long-term storage. *Foods*, 14: 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods14234065>.
- Amen, O., Jumiono, A., dan Fulazzaky, M.A. 2020. Penjaminan mutu dan kehalalan produk olahan susu. *Penjamin Mutu dan Kehalalan*, 2(1): 42–48.
- Anam, C., Aziz, F., Febrina, and Mukhtiningyas, N.D. 2022. Manfaat susu kambing etawa bagi masyarakat kampung ekologi temas Kota Batu. *Jurnal Aplikasi dan Inovasi Ipteks Soliditas*, 5(1): 149–154. <https://doi.org/10.31328/js.v5i1.3583>.
- Ariyanto, N.O., Wiyanto, S.D., Hindarso, H., dan Aylianawati 2015. Pengaruh rasio massa biji dan volume air dan suhu ekstraksi terhadap ekstraksi biji-bijian dalam pembuatan susu nabati. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 14(01): 20–25.
- Aydogdu, T., O'Mahony, J.A., dan McCarthy, N.A. 2023. pH, the fundamentals for milk and dairy processing: A review. *Dairy*, 4: 395–409. <https://doi.org/10.3390/dairy4030026>.
- Ayu, D.F., Lumban Gaol, T.S., dan Diharmi, A. 2020. Stabilitas emulsi dan sensori mayones campuran minyak abdomen ikan patin dan minyak sawit merah dengan penambahan HPMC SS12 sebagai penstabil. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 12(2): 63–70. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v12i2.16285>.

- Azizah, U.N., Wulandari, E., dan Suradi, K. 2015. Pengaruh jenis minyak nabati terhadap sifat fisik dan akseptabilitas mayonnaise. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 15(2): 22–27.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia 2019. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 34 Tahun 2019 tentang Kategori Pangan.
- Badan Standardisasi Nasional 2011. SNI 3141.1:2011 Susu Segar – Bagian 1: Sapi. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional 2009. SNI 7388:2009 Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan. Jakarta.
- Bhuyan, S., Yadav, M., Giri, S.J., Begum, S., Das, S., Phukan, A., Priyadarshani, P., Sarkar, S., Jayswal, A., Kabyashree, K., Kumar, A., Mandal, M., dan Ray, S.K. 2023. Microliter spotting and micro-colony observation: A rapid and simple approach for counting bacterial colony forming units. *Journal of Microbiological Methods*, 207: 106707. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2023.106707>.
- Bose, D., Olorunlana, A., Abdel-latif, R., Famurewa, A.C., dan Othman, E.M. 2025. Virgin coconut oil and its lauric acid, between anticancer activity and modulation of chemotherapy toxicity: A review. *Journal of Xenobiot*, 15: 1–27. <https://doi.org/10.3390/jox15040126>.
- Bot, F., Cossuta, D., dan Mahony, J.A.O. 2021. Trends in food science & technology inter-relationships between composition, physicochemical properties and functionality of lecithin ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 111: 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.028>.
- Bousbia, A., Gueroui, Y., Boudalia, S., Benada, M., dan Chemmam, M. 2021. Effect of High Temperature, Short Time (HTST) pasteurization on milk quality intended for consumption. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 40(2): 147–151. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-210>.
- Braun, K., Hanewald, A., dan Vilgis, T.A. 2019. Milk emulsions: Structure and stability. *Foods*, 8: 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods8100483>.
- Cahyanti, A.N., dan Legowo, A.M. 2024. Susu kambing: Karakteristik & fungsionalitasnya. *Food Review Indonesia*, 11(6): 1–30.
- Cano, A., Maestre, A.B., Hernández-Ruiz, J., dan Arnao, M.B. 2023. ABTS/TAC methodology: Main milestones and recent applications. *Processes*, 11(185): 1–10. <https://doi.org/10.3390/pr11010185>.
- Capela, A.P.D, Guimarães, A.D.B., Tribst, A.A.L., Augusto, P.E.D., dan Júnior, B.R.D.C.L. 2025. Enhanced free fatty acid production from goat and cow milk: Conventional and ultrasound-assisted lipolysis of whole and disrupted

- fat globules. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 127(5): 1–9. <https://doi.org/10.1002/ejlt.70024>.
- Chen, X., Xu, L., Qiao, Q., Du, Y., Zhang, Y., Wu, J., dan Xu, Q. 2025. Effect of milk heat treatment on bioactive components of dairy milk. *International Dairy Journal*, 172: 106455. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106455>.
- Chinwong, S., Chinwong, D., dan Mangklabruks, A. 2017. Daily consumption of virgin coconut oil increases high-density lipoprotein cholesterol levels in healthy volunteers: a randomized crossover trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 14: 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/7251562>.
- Christi, R.F., Wulandari, E., dan Prasetya, A.F. 2024. Evaluasi mutu sensorik, berat jenis, lemak, dan protein susu kambing sapera di Peternakan Kambing Perah Alam Farm Manglayang Kecamatan Cilengkrang Kabupaten Bandung. *Zootec*, 44(1): 202–212.
- Christiansen, M. V, Smith, G.N., Brok, E.S., Schmiele, M., dan Ahrné, L. 2021. The relationship between ultra-small-angle X-ray scattering and viscosity measurements of casein micelles in skim milk concentrates. *Food Research International*, 147: 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110451>.
- Christodoulou, M.C., Palacios, J.C.O., Hesami, G., Jafarzadeh, S., Lorenzo, J.M., Domínguez, R., Moreno, A., dan Hadidi, M. 2022. Spectrophotometric methods for measurement of antioxidant activity in food and pharmaceuticals. *Antioxidants*, 11: 1–33. <https://doi.org/10.3390/antiox11112213>.
- Christophe, O., Reding, R., Leblois, J., Grelet, C., Soyeurt, H., Guignard, C., Dehareng, F., dan Pittois, D. 2025. Going deeper in lipolysis : Prediction of individual free fatty acid contents in milk by mid-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 108: 13085–13098. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26829>.
- Colombo, M., Castilho, N.P.A., Todorov, S.D., dan Nero, L.A. 2018. Beneficial properties of lactic acid bacteria naturally present in dairy production. *BMC Microbiology*, 18(1): 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1356-8>.
- Costa, C.Z., Sousa-aguiar, E.F., Couto, M.A.P.G., dan Filho, J.F.S.C. 2020. Hydrothermal treatment of vegetable oils and fats aiming at yielding hydrocarbons: A review. *Catalysts*, 10(843): 1–34. <https://doi.org/10.3390/catal10080843>.
- Costa, M., Losada-Barreiro, S., Paiva-Martins, F., dan Bravo-Díaz, C. 2021. Polyphenolic antioxidants in lipid emulsions: Partitioning effects and interfacial phenomena. *Foods*, 10(3): 1–30. <https://doi.org/10.3390/foods10030539>.

- Couto, M.V.S., Sousa, N.C., Paixão, P.E.G., Medeiros, E.S., Abe, H.A., Meneses, J.O., Cunha, F.S., Filho, R.M.N., Sousa, R.C., Maria, A.N., Carneiro, P.C.F., Cordeiro, C.A.M., dan Fujimoto, R.Y. 2021. Is there antimicrobial property of coconut oil and lauric acid against fish pathogen?. *Aquaculture*, 545: 737234. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737234>.
- Daet, I.P., Chen, T., Nuñal, S.N., Peralta, J.P., Simora, R.M.C., Lee, M.C., Chang, J., dan Traifalgar, R.F.M. 2025. Optimized alkaline extraction and functional characterization of carrageenan from *eucheuma perplexum* using response surface methodology. *Foods*, 14: 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods14203496>.
- Derakhshandeh-Rishehri, S.-M., Kazemi, A., Shim, S.R., Lotfi, M., Mohabati, S., Nouri, M., dan Faghih, S. 2023. Effect of olive oil phenols on oxidative stress biomarkers: A systematic review and dose– response meta- analysis of randomized clinical trials. *Food Science and Nutrition*, 11: 2393–2402. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3251>.
- Dewi, R. 2018. Analisis kandungan zat gizi dan total uji cemaran susu kambing peranakan etawah yang dikonsumsi oleh ibu hamil dan anak–anak. *Jurnal Media Farmasi*, 14(1): 134–139.
- Du, B., Meng, L., Liu, H., Zheng, N., Zhang, Y., Guo, X., Zhao, S., Li, F., dan Wang, J. 2020. Impacts of milking and housing environment on milk microbiota. *Animals*, 10(12): 1–11. <https://doi.org/10.3390/ani10122339>.
- Edwards, K.M., Badiger, A., Heldman, D.R., dan Klein, M.S. 2021. Metabolomic markers of storage temperature and time in pasteurized milk. *Metabolites*, 11: 1–16. <https://doi.org/10.3390/metabo11070419>.
- El-Garhi, H.-E.M., Abdelbaky, H., Abobakr, N., Metry, W.A., dan Ibrahim, A.M.A. 2026. Investigating the role of pre-acidification process in modulating buffering capacity and lactic acid bacteria viability in ultrafiltered milk. *International Dairy Journal*, 173: 106460.
- Fancello, F., Multineddu, C., Santona, M., Molinu, M.G., Zara, G., Dettori, S., Deiana, P., dan Zara, S. 2022. Antimicrobial activities of virgin olive oils in vitro and on lettuce from pathogen-inoculated commercial quick salad bags. *Food Control*, 133: 108657. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108657>.
- Feng, C., Wang, B., Zhao, A., Wei, L., Shao, Y., Wang, Y., Cao, B., dan Zhang, F. 2019. Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp. *Food Chemistry*, 277: 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.104>.
- Fuentes, E., Paucar, F., Tapia, F., Ortiz, J., Jimenez, P., dan Romero, N. 2018. Effect of the composition of extra virgin olive oils on the differentiation and

- antioxidant capacities of twelve monovarietals. *Food Chemistry*, 243: 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.130>.
- Fuentes, K., Matamala, C., Martinez, N., Rommy, N.Z., dan Troncoso, E. 2021. Comparative study of physicochemical properties of nanoemulsions fabricated with natural and synthetic surfactants. *Processes*, 9: 1–14. <https://doi.org/10.3390/pr9112002>.
- Gama, A.P., Hung, Y.C., dan Adhikari, K. 2019. Optimization of emulsifier and stabilizer concentrations in a model peanut-based beverage system: A mixture design approach. *Foods*, 8(4): 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods8040116>.
- García-martín, E., Martín-Diana, A.B., Jimenez-Pulido, I.J., Rico, D., Cruz-Sanchez, R. de la, Monte, E., Quijada, N.M., Requena, T., dan Olmo, R. 2026. Development of donkey milk fermented with *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* CECT 31096 and characterization of the antioxidant and antihypertensive activity. *International Journal of Food Microbiology*, 456: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2026.111779>.
- Gaur, S., Waller, A.W., dan Andrade, J.E. 2019. Effect of multiple micronutrient fortification on physico-chemical and sensory properties of chhash (Traditional Indian Yogurt-Based Drink). *Foods*, 8(5): 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods8010005>.
- Gawalek, J., Cais-Sokolińska, D., dan Teichert, J. 2025. Mare's and cow's milk fortified with flaxseed oil through freeze-drying microencapsulation: Physicochemical and nutritional properties. *Foods*, 14(2): 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods14020280>.
- Genovese, A., Caporaso, N., dan Sacchi, R. 2021. Flavor chemistry of virgin olive oil: An overview. *Applied Sciences*, 11: 1–20. <https://doi.org/10.3390/app11041639>.
- Ghelichi, S., Hajfathalian, M., Yesiltas, B., Sørensen, A.-D.M., García-Moreno, P.J., dan Jacobsen, C. 2023. Oxidation and oxidative stability in emulsions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22: 1864–1901. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13134>.
- Guan, Y., Cui, Y., Qu, X., Li, B., dan Zhang, L. 2025. Post-acidification of fermented milk and its molecular regulatory mechanism. *International Journal of Food Microbiology*, 426: 110920. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110920>.
- Gupta, A., Eral, H.B., Hatton, T.A., dan Doyle, P.S. 2016. Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft Matter*, 12: 2826–2841. <https://doi.org/10.1039/C5SM02958A>.

- Gwardys, G., Grodkowski, G., Kostusiak, P., Mendelowski, W., Slószarz, J., Satława, M., Smietanka, B., Gwardys, K., Golebiewski, M., dan Puppel, K. 2025. Molecular remodeling of milk fat globules induced by centrifugation: Insights from deep learning-based detection of milk adulteration. *International Journal of Molecular Sciences*, 26: 1–20. <https://doi.org/10.3390/ijms262411919>.
- Hawa, L.C., Lastriyanto, A., dan Ervantri, A.A. 2019. Analisis sifat fisik dan kandungan gizi produk krim susu menggunakan teknologi sentrifugasi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(2): 196–206.
- He, A., dan Xu, B. 2024. High-pressure homogenisation improves food quality of plant-based milk alternatives. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(1): 399–407. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16822>.
- Hekken, D.L. Van, Tunick, M.H., Ren, D.X., dan Tomasula, P.M. 2017. Comparing the effect of homogenization and heat processing on the properties and in vitro digestion of milk from organic and conventional dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 100(8): 6042–6052. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12089>.
- Herrera-Chávez, B., Trujillo, A.J., Calero, P., Falconí, M.I., dan Sánchez-Macías, D. 2022. Effects of colostrum in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1): 246–253. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2056466>.
- Huang, Z., Huang, L., Xing, G., Xu, X., Tu, C., dan Dong, M. 2020. Effect of co-fermentation with lactic acid bacteria and *k. marxianus* on physicochemical and sensory properties of goat milk. *Foods*, 9: 1–14. <https://doi.org/10.3390/foods9030299>.
- Ivanova, M., Balabanova, T., Kostov, G., dan Uzunova, G. 2020. Comparative study on different incorporation of olive oil and dill extract in fresh cheese. *Food Research*, 4(6): 2233–2240. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(6\).341](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(6).341).
- Jacob, S., dan Nair, A.B. 2026. Nanoemulgels as advanced topical drug delivery systems: Mechanistic insights and therapeutic applications in skin disorders, infections, wound healing, and cancer. *Pharmaceutics*, 19: 1–61. <https://doi.org/10.3390/ph19020247>.
- Jawale, P. V., dan Bhanage, B.M. 2023. Kinetic and docking study of synthesis of glyceryl monostearate by immobilized lipase in non-aqueous media. *Biocatalysis and Biotransformation*, 41(2): 123–132. <https://doi.org/10.1080/10242422.2021.2003343>.
- Jimenez-lopez, C., Carpena, M., Lourenço-lobes, C., Gallardo-gomez, M., Lorenzo, J.M., Barba, F.J., Prieto, M.A., dan Simal-gandara, J. 2020. Bioactive compounds and quality of extra virgin olive oil. *Foods*, 9(8): 1–31.

<https://doi.org/10.3390/foods9081014>.

- Juncker, H.G., Ruh, E.J.M., Burchell, G.L., Akker, C.H.P. Van Den, Korosi, A., Goudoever, J.B. Van, and Keulen, B.J. Van 2021. The effect of pasteurization on the antioxidant properties of human milk: A literature review. *Antioxidants*, 10: 1–13. <https://doi.org/10.3390/antiox10111737>.
- Jurášková, D., Ribeiro, S.C., Bastos, R., Coelho, E., Coimbra, M.A., dan Silva, C.C.G. 2024. Exopolysaccharide (EPS) produced by *Leuconostoc mesenteroides* SJC113: Characterization of functional and technological properties and application in fat-free cheese. *Macromol*, 4: 680–696. <https://doi.org/10.3390/macromol4030040>.
- Kasapidou, E., Iliadis, I., Mitlianga, P., Papatzimos, G., Karatzia, M., Papadopoulos, V., Amanatidis, M., Tortoka, V., Tsiftsi, E., Aggou, A., dan Basdagianni, Z. 2023. Variations in composition, antioxidant profile, and physical traits of goat milk within the semi-intensive production system in mountainous areas during the post-weaning to end-of-lactation period. *Animals*, 13(22): 1–19. <https://doi.org/10.3390/ani13223505>.
- Kerasioti, E., Apostolou, A., Kafantaris, I., Chronis, K., Kokka, E., Dimitriadou, C., Tzanetou, E.N., Priftis, A., Koulocheri, S.D., Haroutounian, S.A., Stagos, D., dan Kouretas, D. 2019. Polyphenolic composition of *Rosa canina*, *Rosa sempervivens* and *Pyrocantha coccinea* extracts and assessment of their antioxidant activity in human endothelial cells. *Antioxidants*, 8(92): 1–16. <https://doi.org/10.3390/antiox8040092>.
- Kim, G., Lee, J., Lim, S., Kang, H., Ahn, S., Jhoo, J.-W., dan Ra, C.-S. 2019. Effect of Antioxidant Addition on Milk Beverage Supplemented with Coffee and Shelf-life Prediction. *Food Science of Animal Resources*, 39(6): 903–917. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e76>.
- Kim, M., Oh, S., dan Imm, J.Y. 2018. Buffering capacity of dairy powders and their effect on yoghurt quality. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* Korean, 38(2): 273–281. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.38.2.273>.
- Kiokias, S., dan Oreopoulou, V. 2022. Review on the antioxidant activity of phenolics in o/w emulsions along with the impact of a few important factors on their interfacial behaviour. *Colloids Interfaces*, 6(79): 1–26. <https://doi.org/10.3390/colloids6040079>.
- Kodahl, N., dan Sørensen, M. 2021. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) is an underutilized crop with a great potential. *Agronomy*, 11: 1–10. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061066>.
- Kongsinkaew, C., Hongphankul, K., Soontornkitlert, T., Surarit, W.,

- Sutheerawattananonda, M., Thitasirikul, P., Pornpukdeewattana, S., Chittapun, S., Panpeang, K., dan Charoenrat, T. 2024. Large-scale production of paraprobiotic soy milk in stirred tank bioreactor : A dual-step fermentation approach. *Applied Food Research*, 4(2): 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100446>.
- Kontopodi, E., Boeren, S., Stahl, B., van Goudoever, J.B., van Elburg, R.M., dan Hettinga, K. 2022. High-temperature short-time preserves human milk's bioactive proteins and their function better than pasteurization techniques with long processing times. *Frontiers in Pediatrics*, 9: 1–12. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.798609>.
- Koo, C.K.W., Chung, C., Fu, J.R., Sher, A., Rousset, P., dan McClements, D.J. 2019. Impact of sodium caseinate, soy lecithin and carrageenan on functionality of oil-in-water emulsions. *Food Research International*, 123: 779–789. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.043>.
- Kouamé, M.L., Dougba, H.W., Soumahoro, S., Zoro, A.F., dan Soro, Y.R. 2024. Effect of pasteurization on the physicochemical and nutritional quality of milk from the Korhogo dairy. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 29(1): 68–73. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2024.29.1.0361>.
- Kouka, P., Priftis, A., Stagos, D., Angelis, A., Stathopoulos, P., Xinou, N., Skaltsounis, A.L., Mamoulakis, C., Tsatsakis, A.M., Spandidos, D.A., dan Kouretas, D. 2017. Assessment of the antioxidant activity of an olive oil total polyphenolic fraction and hydroxytyrosol from a Greek *Olea europaea* variety in endothelial cells and myoblasts. *International Journal of Molecular Medicine*, 40(2): 703–712. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.3078>.
- Li, Q., Zheng, J., Ge, G., Zhao, M., dan Sun, W. 2020. Impact of heating treatments on physical stability and lipid-protein co-oxidation in oil-in-water emulsion prepared with soy protein isolates. *Food Hydrocolloids*, 100: 105167. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.06.012>.
- Lioe, H.N., Danarwulan, N., dan Rahmawati, D. 2018. Karakteristik fisikokimia dan sensori mayonnaise pada berbagai komposisi asam lemak dari penggunaan minyak nabati berbeda. *Jurnal Mutu Pangan*, 5(1): 1–9.
- Liu, G., Wu, Z., Peng, Y., Shang, X., Xie, Y., dan Arnold, R.J. 2020. Transcriptome analyses reveals the dynamic nature of oil accumulation during seed development of *Plukenetia volubilis* L. *Scientific Reports*, 10: 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77177-w>.
- Lorençoni, M.F., Silva, R.S., Júnior, R.A., dan Fronza, M. 2020. Effect of pasteurization on the antioxidant and oxidant properties of human milk. *Revista Paulista de Pediatria*, 39: 1–6. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-0462/2021/39/2019165>.

- Lott, T.T., Wiedmann, M., dan Martin, N.H. 2023. Shelf-life storage temperature has a considerably larger effect than high-temperature, short-time pasteurization temperature on the growth of spore-forming bacteria in fluid milk. *Journal of Dairy Science*, 106(6): 3838–3855. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22832>.
- Lucci, P., Bertoz, V., Pacetti, D., Moret, S., dan Conte, L. 2020. Effect of the refining process on total hydroxytyrosol, tyrosol, and tocopherol contents of olive oil. *Foods*, 9(3): 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods9030292>.
- Lv, H., Sun, M., Mi, M., Sun, S., Zhao, Y., Du, X., Zhang, X., Zhu, M., Wang, Y., Khan, M.Z., Wang, C., dan Li, M. 2026. Milk fat globule membrane: Structural organization, bioactive constituents, and therapeutic applications. *Foods*, 15(9): 1–23. <https://doi.org/10.3390/foods15091526>.
- Machado, S.G., Baglinière, F., Marchand, S., Coillie, E. Van, Vanetti, M.C.D., Block, J. De, and Heyndrickx, M. 2017. The biodiversity of the microbiota producing heat-resistant enzymes responsible for spoilage in processed bovine milk and dairy products. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1–22. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00302>.
- Maris, I., dan Radiansyah, M.R. 2021. Kajian pemanfaatan susu nabati sebagai pengganti susu hewani. *Journal of Food Science and Technology*, 1(2): 103–116. <https://doi.org/10.33830/fsj.v1i2.2064.2021>.
- Martin, N.H., Boor, K.J., dan Wiedmann, M. 2018. Symposium review: Effect of post-pasteurization contamination on fluid milk quality. *Journal of Dairy Science*, 101(1): 861–870. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13339>.
- Maya, I., Winardi, D.O., Amalia, E., Mita, S.R., Kusumawulan, C.K., Putriana, N.A., dan Sriwidodo, S. 2023. Physicochemical characteristics, fatty acid profile, and in vitro antioxidant activity evaluation of sacha inchi seed oil from Indonesia. *Cosmetics*, 10(6): 1–17. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10060171>.
- Melguizo-Rodríguez, L., Illescas-Montes, R., Costela-Ruiz, V.J., Ramos-Torrecillas, J., Luna-Bertos, E. de, García-Martínez, O., dan Ruiz, C. 2021. Antimicrobial properties of olive oil phenolic compounds and their regenerative capacity towards fibroblast cells. *Journal of Tissue Viability*, 30(3): 372–378.
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., dan Ruzzi, M. 2017. Raw and heat-treated milk: from public health risks to nutritional quality. *Beverages*, 3(54): 1–33. <https://doi.org/10.3390/beverages3040054>.
- Mello, N.A., dan Rousseau, D. 2026. Temperature robustness and viscoelasticity of soy protein-stabilized palm oil emulsions containing glycerol monostearate

- and oat fiber. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 106: 4140–4168. <https://doi.org/10.1002/jsfa.70501>.
- Mohammed, N.K., Samir, Z.T., Jassim, M.A., dan Saeed, S.K. 2021. Effect of different extraction methods on physicochemical properties, antioxidant activity, of virgin coconut oil. *Materials Today: Proceedings*, 42: 2000–2005. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.248>.
- Monareng, N.J., Ncube, K.T., Rooi, C. Van, Modiba, M.C., dan Mtileni, B. 2025. A systematic review on microbial profiling techniques in goat milk: implications for probiotics and shelf-life. *International Journal of Molecular Sciences*, 26: 1–24. <https://doi.org/10.3390/ijms26125551>.
- Moran-valero, M.I., Ruiz-henestrosa, V.M.P., dan Pilosof, A.M.R. 2017. Synergistic performance of lecithin and glycerol monostearate in oil/water emulsions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 151: 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.12.015>.
- Munsch-alatossava, P., Ibarra, D., Youbi-idrissi, M., dan Alatossava, T. 2019. N₂ gas-flushing prevents bacteria-promoted lipolysis and proteolysis and alleviates auto-oxidation in bovine raw milk during cold-storage. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3: 1–8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00041>.
- Mutiaraningtyas, E., dan Kuswardinah, A. 2018. Pembuatan susu nabati berbahan dasar biji jali (*Coix Lacrhyman-jobi L. Var. Ma-yuen*) dengan penambahan kacang kedelai (*Glycine Max L.*) sebagai alternatif sumber antioksidan. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(2): 37–45.
- Nayik, G.A., Jagdale, Y.D., Gaikwad, S.A., Devkatte, A.N., Dar, A.H., dan Ansari, M.J. 2023. Nutritional Profile, Processing and Potential Products: A Comparative Review of Goat Milk. *Dairy*, 3(3): 622–647. <https://doi.org/10.3390/dairy3030044>.
- Nitbani, F.O., Tjitda, P.J.P., Nitti, F., Jumina, J., dan Detha, A.I.R. 2022. Antimicrobial Properties of Lauric Acid and Monolaurin in Virgin Coconut Oil: A Review. *ChemBioEng Reviews*, 9(5): 1–21. <https://doi.org/10.1002/cben.202100050>.
- Omar, K.A., Gounga, M.E., Liu, R., Mlyuka, E., dan Wang, X. 2016. Effects of microbial lipases on hydrolyzed milk fat at different time intervals in flavour development and oxidative stability. *Journal of Food Science and Technology*, 53(2): 1035–1046. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2158-8>.
- Ouamba, A.J.K., Gagnon, M., Varin, T., Chouinard, P.Y., LaPointe, G., dan Roy, D. 2023. Phylogenetic variation in raw cow milk microbiota and the impact of forage combinations and use of silage inoculants. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1175663>.

- Panchal, G., Hati, S., dan Sakure, A. 2020. Characterization and production of novel antioxidative peptides derived from fermented goat milk by *L. fermentum*. *LWT - Food Science and Technology*, 119: 108887. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108887>.
- Panchal, G., Sakure, A., dan Hati, S. 2022. Peptidomic profiling of fermented goat milk: considering the fermentation-time dependent proteolysis by *Lactobacillus* and characterization of novel peptides with Antioxidative activity. *Journal of Food Science and Technology*, 59(6): 2295–2305. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05243-w>.
- Peretti, G.A., Mallmann, S., Peretti, G.L., Lindner, J.D.D., Longhi, D.A., Galvão, A.C., dan Robazza, W.S. 2025. Modeling lipase and protease production by psychrotrophic bacteria in refrigerated pasteurized milk. *International Dairy Journal*, 167: 106284. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2025.106284>.
- Pham, V.T., Le, T.K.L., Vu, D.N., Tran, T.Y.N., Bach, L.G., dan Dao, T.P. 2024. Changes of physicochemical, bioactive compounds and antioxidant activity of nutritional beverages products from VD20 broken Rice in the pasteurization process. *Food Chemistry: X*, 24: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.102018>.
- Pramesthi, R., Suprayogi, T.H., dan Sudjatmogo 2015. Total bakteri dan pH susu segar sapi perah *friesian holstein* di unit pelaksana teknis daerah dan pembibitan ternak unggul muliyorejo tengaran-semarang. *Animal Agriculture Journal*, 4: 69–74.
- Qie, X., Chen, Y., Quan, W., Wang, Z., Zeng, M., Qin, F., Chen, J., dan He, Z. 2020. Analysis of β -lactoglobulin–epigallocatechin gallate interactions: the antioxidant capacity and effects of polyphenols under different heating conditions in polyphenolic–protein interactions. *Food and Function*, 11(5): 3867–3878. <https://doi.org/10.1039/D0FO00627K>.
- Rabbani, A., Ayyash, M., D’Costa, C.D.C., Chen, G., Xu, Y., dan Kamal-Eldin, A. 2025. Effect of heat pasteurization and sterilization on milk safety, composition, sensory properties, and nutritional quality. *Foods*, 14(8): 1–30. <https://doi.org/10.3390/foods14081342>.
- Ragab, E.S., Lu, J., Pang, X.Y., Nassar, K.S., dan Yang, B.Y. 2019. Effect of thermosonication process on physicochemical properties and microbial load of goat’s milk. *Journal Food Science and Technology*, 56(2): 5309–5316. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04001-3>.
- Rakariyatham, K., Teerawutgulrag, A., Laokuldilok, T., Osiriphun, S., Ackcharoensuk, N., dan Tanbamrung, W. 2024. Combinatorial effects of longan (*Dimocarpus longan*) peel extract and lecithin on stability of soybean oil and the oxidative stability of fried shrimp crackers during storage. *LWT*,

- 198: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116065>.
- Ramadhan, W., Santoso, J., Uju, Langit Dewangga, R.G., Natanael, M., Luthfiansyah, M.A., Rachmawati, A.Y., dan Santosa, Z.A. 2025. Investigation of polymer blend formulation and homogenization dynamics in the development of biodegradable, hydrophobic, and heat-resistant seaweed-based bioplastic straws. *Sustainable Food Technology*, 3(6): 2282–2296. <https://doi.org/10.1039/d5fb00344j>.
- Ramos-escudero, F., Morales, M.T., Escudero, M.R., Muñoz, A.M., Chavez, K.C., dan Asuero, A.G. 2020. Assessment of phenolic and volatile compounds of commercial Sacha inchi oils and sensory evaluation. *Food Research International*, 140: 110022. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110022>.
- Ranadheera, C.S., Evans, C.A., Baines, S.K., Balthazar, C.F., Cruz, A.G., Esmerino, E.A., Freitas, M.Q., Pimentel, T.C., Wittwer, A.E., Naumovski, N., Graça, J.S., Sant’Ana, A.S., Ajlouni, S., dan Vasiljevic, T. 2019. Probiotics in goat milk products: Delivery capacity and ability to improve sensory attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4): 867–882. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12447>.
- Razali, M.F., Narayanan, S., Nurul, N.A., Abdul Karim Shah, N.N., Mustapa Kamal, S.M., Mohd Fauzi, N.A., dan Sulaiman, A. 2021. Minimal processing for goat milk preservation: Effect of high-pressure processing on its quality, *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7): 1–34. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15590>.
- Reich, C., Wenning, M., Dettling, A., Luma, K.E., Scherer, S., dan Hinrichs, J. 2017. Thermal resistance of vegetative thermophilic spore forming bacilli in skim milk isolated from dairy environments. *Food Control*, 82: 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.032>.
- Revelou, P., Xagoraris, M., Alexandropoulou, A., Kanakis, C.D., Papadopoulos, G.K., Pappas, C.S., dan Tarantilis, P.A. 2021. Chemometric study of fatty acid composition of virgin olive oil from four widespread greek cultivars. *Molecules*, 26(14): 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules26144151>.
- Rodríguez, G., Squeo, G., Estivi, L., Berru, S.Q., Buleje, D., Caponio, F., Brandolini, A., dan Hidalgo, A. 2021. Changes in stability, tocopherols, fatty acids and antioxidant capacity of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) oil during french fries deep-frying. *Food Chemistry*, 340: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127942>.
- Rohman, A. 2017. Infrared spectroscopy for quantitative analysis and oil parameters of olive oil and virgin coconut oil : A review. *International Journal of Food Properties*, 20(7): 1447–1456. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1213742>.

- Romadani, G.S. 2023. Komponen bioaktif pada beberapa susu nabati berbasis kacang-kacangan dan polong-polongan. *Zigma*, 38(2): 81–89.
- Rosalina, R., Setiawan, N., dan Ningrum, R.S. 2018. Ekstraksi minyak nabati pada biji-bijian dan kacang-kacangan dengan metode sokhletasi. *Sains, Teknologi dan Analisis*, 1: 98–100.
- Ryabova, A.E., Semipyatny, V.K., dan Galstyan, A.G. 2023. Effects of storage conditions on milk powder properties. *Journal of Dairy Science*, 106(10): 6741–6758. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23094>.
- Salgado-Beltrán, V.A., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Aguilera, N., Ortega-Pérez, R., dan Bustamante-Salazar, L.A. 2025. Fatty acid profile in creole goat milk in grazing and french-alpine and saanen confined goats in three seasons of the year. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 15(2): 291–297. <https://doi.org/10.71798/ijas.2025.1214900>.
- Samani, A., dan Naji, M.H. 2019. Effect of homogenizer pressure and temperature on physicochemical, oxidative stability, viscosity, droplet size, and sensory properties of sesame vegetable cream. *Food Science and Nutrition*, 7(3): 899–906. <https://doi.org/10.1002/fsn3.680>.
- Sánchez, E.G.T., Hernández-Ledesma, B., dan Gutiérrez, L.-F. 2023. Sacha inchi oil press-cake: physicochemical characteristics, food-related applications and biological activity. *Food Reviews International*, 39(1): 148–159. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>.
- Saputri, U.M., Irnawati, Sahidin, Arba, M., dan Fristiohady, A. 2025. Physicochemical characteristics and pharmacological activity of sacha inchi seed oil (*Plukenetia volubilis* L.): a literature review. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 11(3): 163–176. <https://doi.org/10.31603/pharmacy.v11i3.12719>.
- Sari, D.K., Kustiningsih, I., Oktawiyono, A.E., dan Prastyo, R.A.E. 2022. Karakteristik pengaruh penambahan iota karagenan pada emulsi susu kacang koro. *Jurnal Integrasi Proses*, 11(2): 1–10.
- Schmidt, L., Prestes, O.D., Augusti, P.R., dan Moreira, J.C.F. 2023. Phenolic compounds and contaminants in olive oil and pomace – A narrative review of their biological and toxic effects. *Food Bioscience*, 53: 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102626>.
- Schmidt, P.J., Anderson, W.B., dan Emelko, M.B. 2020. Describing water treatment process performance: Why average log-reduction can be a misleading statistic. *Water Research*, 176: 115702. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115702>.
- Schroën, K., Ruiter, J. De, and Berton-Carabin, C. 2020. The importance of

- interfacial tension in emulsification: connecting scaling relations used in large scale preparation with microfluidic measurement methods. *ChemEngineering*, 4(4): 1–22. <https://doi.org/10.3390/chemengineering4040063>.
- Serreli, G., Boronat, A., Torre, R.D.I., Rodriguez-morat, J., dan Deiana, M. 2024. Cardiovascular and metabolic benefits of extra virgin olive oil phenolic compounds: Mechanistic insights from in vivo studies. *Cells*, 13(18): 1–24. <https://doi.org/10.3390/cells13181555>.
- Shehata, A.B., AlAskar, A.R., Aldosari, R.A., dan AlMutairi, F.R. 2023. Characterization of the calibration results of glass electrode pH-Meters using buffer solutions certified by different producers. *European Journal of Applied Sciences*, 11(6): 14–22. <https://doi.org/10.14738/aivp.116.15791>.
- Silva, K.F.C. e, Carvalho, A.G. da S., Rabelo, R.S., dan Hubinger, M.D. 2019. Sacha inchi oil encapsulation: emulsion and alginate beads characterization. *Food and Bioproducts Processing*, 116: 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.05.001>.
- Singh, A.K., Kumar, M., Singh, R., dan Dikshit, P.K.S. 2022. The nutritional therapeutic values and chemical properties of goat milk. *Journal of Nutrition, Metabolism and Health Science*, 5(3): 118–123. <https://doi.org/10.18231/j.ijnmhs.2022.022>.
- Sionek, B., Szydłowska, A., Küçükgöz, K., dan Kołozyn-Krajewska, D. 2023. Traditional and new microorganisms in lactic acid fermentation of food. *Fermentation*, 9(12): 1–21. <https://doi.org/10.3390/fermentation9121019>.
- Skeie, S.B., Håland, M., Thorsen, I.M., Narvhus, J., dan Porcellato, D. 2019. Bulk tank raw milk microbiota differs within and between farms: A moving goalpost challenging quality control. *Journal of Dairy Science*, 102(3): 1959–1971. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14083>.
- Spena, R., dan Grizzuti, N. 2025. κ -Carrageenan and its synergistic blends: next-generation food gels. *Gels*, 11(12): 976. <https://doi.org/10.3390/gels11120976>.
- Stobiecka, M., Król, J., dan Brodziak, A. 2022. Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals*, 12(3): 1–27. <https://doi.org/10.3390/ani12030245>.
- Sulmiyati, N.A. dan M. 2016. Kajian kualitas fisik susu kambing Peranakan Etawa (PE) dengan metode pasteurisasi yang berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*, 4(3): 130–134.
- Sumarmono, J., Sulistyowati, M., dan Soenarto 2015. Fatty acids profiles of fresh milk, yogurt and concentrated yogurt from peranakan etawah goat milk. *Procedia Food Science*, 3: 216–222.

<https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.024>.

- Sutariya, S.G., dan Salunke, P. 2023. Effect of hyaluronic acid and kappa-carrageenan on milk properties: Rheology, protein stability, foaming, water-holding, and emulsification properties. *Foods*, 12(5): 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods12050913>.
- Suwannasang, S., Zhong, Q., Thumthanaruk, B., Vatanyoopaisarn, S., Uttapap, D., Puttanlek, C., dan Rungsardthong, V. 2022. Physicochemical properties of yogurt fortified with microencapsulated sachinchi oil. *LWT Food Science and Technology*, 161: 113375. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113375>.
- Tan, C., dan McClements, D.J. 2021. Application of advanced emulsion technology in the food industry: A review and critical evaluation. *Foods*, 10(4): 812. <https://doi.org/10.3390/foods10040812>.
- Tan, S.F., Chin, N.L., Tee, T.P., dan Chooi, S.K. 2020. Physico-chemical changes, microbiological properties, and storage shelf life of cow and goat milk from industrial high-pressure processing. *Processes*, 8(6): 1–13. <https://doi.org/10.3390/pr8060697>.
- Taprab, N., dan Sameenoi, Y. 2019. Rapid screening of formaldehyde in food using paper-based titration. *Analytica Chimica Acta*, 1069(3): 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.03.063>.
- Tsimihodimos, V., dan Psoma, O. 2024. Extra virgin olive oil and metabolic diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(15): 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijms25158117>.
- Tu, N.K.G., Le, T.K.L., Tran, T.Y.N., Bach, L.G., dan Dao, T.P. 2025. Influence of homogenization and pasteurization on the physical characteristics, antioxidant properties, and microbial content of VD20 rice milk. *Scientific Reports*, 15(1): 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88436-z>.
- U.S. Food and Drug Administration 2025. Bacteriological Analytical Manual (BAM), Chapter 3: Aerobic Plate Count.
- Umar, Razali, and Novita, A. 2014. Derajat keasaman dan angka reduktase susu sapi pasteurisasi dengan lama penyimpanan yang berbeda. *Jurnal Medika Veterinaria*, 8: 43–46.
- Vasconcelos, M.H.A., Tavares, R.L., Junior, E.U.T., Dorand, V.A.M., Batista, K.S., Toscano, L.T., Silva, A.S., Cordeiro, A.M.T.M., Meireles, B.R.L.A., Araujo, R.S., Alves, A.F., dan Aquino, J.S. 2022. Extra virgin coconut oil (*Cocos nucifera* L.) exerts anti-obesity effect by modulating adiposity and improves hepatic lipid metabolism, leptin and insulin resistance in diet-induced obese rats. *Journal of Functional Foods*, 94: 1–11.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105122>.

- Velasco-Perez, S., dan Ramos-Escudero, F. 2024. Stability, chromatic characteristics and chemical changes of sachu inchi (*Plukenetia huayllabambana*) oil enriched with aguaje oil (*Mauritia flexuosa* L.f.) rich in carotenoids. Food Research International, 187: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114402>.
- Venturi, F., Sanmartin, C., Taglieri, I., Nari, A., danrich, G., Terzuoli, E., Donnini, S., Nicolella, C., dan Zinnai, A. 2017. Development of phenol-enriched olive oil with phenolic compounds extracted from wastewater produced by physical refining. Nutrients, 9(8): 1–13. <https://doi.org/10.3390/nu9080916>.
- Vidal, A.M., Moya, M., Alcalá, S., Romero, I., dan Espínola, F. 2022. Enrichment of refined olive oils with phenolic extracts of olive leaf and exhausted olive pomace. Antioxidants, 11(2): 1–15. <https://doi.org/10.3390/antiox11020204>.
- Vivaldi, F., Salvo, P., Poma, N., Bonini, A., Biagini, D., Noce, L. Del, Melai, B., Lisi, F., dan Francesco, F. Di 2021. Recent advances in optical, electrochemical and field effect ph sensors. Chemosensors, 9(33): 1–17. <https://doi.org/10.3390/chemosensors9020033>.
- Wang, W., Wang, M., Xu, C., Liu, Z., Gu, L., Ma, J., Jiang, L., Jiang, Z., dan Hou, J. 2022. Effects of Soybean oil body as a milk fat substitute on ice cream: Physicochemical, Sensory and digestive properties. Foods, 11(10): 1504. <https://doi.org/10.3390/foods11101504>.
- Wibowo, J.W., dan Yuniarti, H. 2023. Pencegahan stunting dengan pemberian susu kambing pada balita di Dusun Ketawang Magelang. Jurnal ABDIMAS-KU: Jurnal Pengabdian Masyarakat Kedokteran, 02(03): 93–101.
- Widianingrum, D.C., Khasanah, H., Purnamasari, L., Krismaputri, M.E., dan Hwang, S.G. 2023. Antimicrobial activities of nano-emulsion of virgin coconut oil. Veterinarni Medicina, 68(01): 27–32. <https://doi.org/10.17221/57/2022-VETMED>.
- Widianingrum, D.C., Noviandi, C.T., dan Salasia, S.I.O. 2019. Antibacterial and immunomodulator activities of virgin coconut oil (VCO) against *Staphylococcus aureus*. Heliyon, 5(10): e02612. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02612>.
- Wijaya, C., Kardono, L.B.S., dan Halim, J.M. 2015. Peningkatan akseptabilitas susu kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) dengan adisi bahan penstabil dan jus jahe. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 4(4): 112–123.
- Wiking, L., Løkke, M.M., Kidmose, U., Sundekilde, U.K., Dalsgaard, T.K., Larsen, T., dan Feilberg, A. 2017. Comparison between novel and standard methods

- for analysis of free fatty acids in milk – including relation to rancid flavour. *International Dairy Journal*, 75: 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.07.001>.
- Wójtowski, J.A., Majcher, M., Danków, R., Pikul, J., Mikołajczak, P., Molińska-Glura, M., Foksowicz-Flaczyk, J., Gryszczyńska, A., Łowicki, Z., Zajączek, K., Czyżak-Runowska, G., Markiewicz-Kęszycka, M., dan Stanisławski, D. 2023. Effect of herbal feed additives on goat milk volatile flavor compounds. *Foods*, 12(15): 2963. <https://doi.org/10.3390/foods12152963>.
- Wu, C.S., Guo, J.H., dan Lin, M.J. 2020. Stability evaluation of pH-adjusted goat milk for developing ricotta cheese with a mixture of cow cheese whey and goat milk. *Foods*, 9(3): 366. <https://doi.org/10.3390/foods9030366>.
- Wu, Y., Zhou, R., Wang, Z., Wang, B., Yang, Y., Ju, X., dan He, R. 2019. The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils. *PLOS ONE*, 14(3): 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212879>.
- Yalcin, S., dan Schreiner, M. 2018. Stabilities of tocopherols and phenolic compounds in virgin olive oil during thermal oxidation. *Journal Food Science and Technology*, 55(1): 244–251. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2929-5>.
- Yalew, K., Pang, X., Huang, S., Zhang, S., Yang, X., Xie, N., Wang, Y., Lv, J., dan Li, X. 2024. Recent development in detection and control of psychrotrophic bacteria in dairy production: Ensuring milk quality. *Foods*, 13(18): 1–20. <https://doi.org/10.3390/foods13182908>.
- Yao, D., Sun, L.-C., Zhang, L.-J., Chen, Y.-L., Miao, S., Cao, M.-J., dan Lin, D. 2024. Emulsion structural remodeling in milk and its gelling products: A review. *Gels*, 10(10): 671. <https://doi.org/10.3390/gels10100671>.
- Yu, Z., Han, H., Muratkhan, M., Ma, H., Yue, F., dan Lü, X. 2024. Screening of lactic acid bacteria with the ability to reduce goaty flavor related fatty acids in goat milk. *International Journal of Food Microbiology*, 423: 110832. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110832>.
- Zeb, A. 2021. A comprehensive review on different classes of polyphenolic compounds present in edible oils. *Food Research International*, 143: 110312. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110312>.
- Zeng, Y.-Q., He, J.-T., Hu, B.-Y., Li, W., Deng, J., Lin, Q.-L., dan Fang, Y. 2022. Virgin coconut oil: A comprehensive review of antioxidant activity and mechanisms contributed by phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(4): 1052–1075. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2113361>.

- Zhang, D., Palmer, J., Hoong, K., dan Flint, S. 2020. Identification and selection of heat-stable protease and lipase-producing psychrotrophic bacteria from fresh and chilled raw milk during up to five days storage. *LWT*, 134: 110165. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110165>.
- Zhang, Y., Qi, X., Wang, Xueyan, Wang, Xuefang, Ma, F., Yu, L., Mao, J., Jiang, J., Zhang, L., dan Li, P. 2022. Contribution of tocopherols in commonly consumed foods to estimated tocopherol intake in the chinese diet. *Frontiers in Nutrition*, 9: 829091. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.829091>.
- Zhang, Y., Xu, J., Tang, C., dan Li, Y. 2023. Crystallization behavior and physical properties of monoglycerides-based oleogels as function of oleogelator concentration. *Foods*, 12(2): 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods12020345>.
- Zullo, B.A., dan Ciafardini, G. 2020. Virgin olive oil quality is affected by the microbiota that comprise the biotic fraction of the oil. *Microorganisms*, 8(5): 1–13. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050663>.