

Pemanfaatan *modified cassava flour* dan tepung tapioka sebagai bahan pengisi keju cheddar olahan

Utilization of modified cassava flour and tapioca flour as a filler on processed cheddar cheese

Gunawan Priadi^{*1}, Fitri Setiyoningrum¹, Fifi Afiati¹, Rizal Syarief²

¹ Pusat Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jalan Raya Bogor KM 46, Bogor Jawa Barat Indonesia

² Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian IPB
Kampus IPB Darmaga, Bogor Jawa Barat Indonesia

* gunawan.priadi@gmail.com



INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Diterima:

17 Juli 2018

Direvisi:

19 November 2018

Diterbitkan:

28 Desember 2018

Kata kunci:

keju cheddar olahan;
bahan pengisi;
karakteristik
fisikokimia;
model formula;
kesukaan

ABSTRAK

Ubi kayu merupakan sumber karbohidrat yang berpotensi sebagai bahan pengisi keju cheddar olahan. Pengkajian terhadap karakteristik fisikokimia keju cheddar olahan bertujuan untuk memperoleh model formula penambahan bahan pengisi berbasis ubi kayu dan mengetahui nilai kesukaan terhadap keju cheddar olahan terpilih. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu pembuatan keju cheddar olahan, karakterisasi keju olahan, penentuan model formula penambahan bahan pengisi berbasis ubi kayu, verifikasi formula terpilih dan uji organoleptik terhadap produk dengan model formula terpilih. Pembuatan keju cheddar olahan menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor. Penentuan model formula menggunakan respon permukaan *historical data*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *modified cassava flour* (mocaf) dan tapioka dengan variasi konsentrasi berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap penurunan kadar lemak dan peningkatan karbohidrat produk, sedangkan kadar air, kadar abu, kadar protein dan profil tekstur produk tidak dipengaruhi secara signifikan. Penambahan tapioka 3% (b/b) menjadi model formula terpilih keju cheddar olahan dengan karakteristik kadar air 46,96%; kadar protein 36,39% (bk); kadar lemak 36,05% (bk); kadar karbohidrat 5,09% (bk), nilai kekerasan 844,518 gF; daya adhesif 69,739 g/s; elastisitas 0,421; daya kohesif 0,424; kelengketan 358,697 gF; dan daya kunyah 151,244 gF serta nilai kesukaan cenderung netral. Mocaf dan tapioka dapat dijadikan bahan pengisi keju cheddar olahan.

ABSTRACT

Cassava is a potential source of carbohydrate as a filler for processed cheddar cheese. Study of physicochemical characteristics of processed cheddar cheese was done to obtain the formula of the cassava based filler addition and preferential value of the selected formula. The research consisted of some steps, i.e. processed cheddar cheese production, processed cheddar cheese characterization, determination of processed cheddar cheese formula model, verification of selected formula, and hedonic test on selected formula product. Preparation of processed cheddar cheese using randomized complete design with one factor, while the formula modeling using response surface with historical data method. The result showed that the use of modified cassava flour (mocaf) and tapioca with different concentration significantly influenced ($p < 0,05$) to the increasing fat and decreasing carbohydrate content of the product, while the water, ash, protein and texture profile are not significantly influenced. The addition of 3% tapioca (w/w) was selected as formula model with the characteristic water content 46.96%; protein 36.39% (db); fat 36.05% (db); carbohydrate 5.09% (db), hardness 844.518 gF; adhesiveness 69.739 g/s; springiness 0.421; cohesiveness 0.424; gumminess 358.697 gF; and chewiness 151.244 gF, with preferential value tend to be neutral. Mocaf and tapioca could be used as filler in processing processed cheddar cheese.

Keywords:

*processed cheddar
cheese;
filler;
physicochemical
characteristic;
formula model;
preference*

1. Pendahuluan

Keju olahan merupakan produk olahan dari keju yang ditambahkan bahan lain sehingga menghasilkan produk keju yang sesuai dengan kesukaan konsumen. Pembuatan keju olahan bertujuan untuk menurunkan biaya produksi (Trivedi et al., 2008a,b; Mohamed, 2015), memperpanjang umur simpan keju alami dan mengembangkan produk keju baru dengan rasa yang lebih ringan dan lebih stabil (Tamime, 2011).

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan keju olahan, diantaranya *dairy ingredients*, sayuran, daging, penstabil, pewarna, pengawet, flavor, herbal dan rempah (Lazárková et al., 2010). Pemilihan keju alami untuk keju olahan berdasarkan pada flavor, tekstur, konsistensi dan tingkat keasaman. Keju yang telah rusak karena *off flavor* atau pengaruh mikrobia tidak boleh digunakan untuk membuat keju olahan karena produk akhir yang dihasilkan akan berkualitas lebih rendah dan tidak dapat diterima konsumen (Tamime, 2011). Sedangkan pemilihan bahan tambahan harus memperhitungkan masalah harga untuk menurunkan biaya produksi dan dapat menggantikan fungsi protein dan lemak dalam sistem keju.

Keju cedar adalah keju peram bertekstur keras yang berwarna putih kekuningan. Proses mikrobiologi, biokimia dan kimia selama pemeraman dan penyimpanan akan mengembangkan flavor dan menentukan kualitas keju cedar. Keju dengan pemeraman 3-6 bulan (*mild*) banyak digunakan sebagai bahan utama pembuatan keju cedar olahan (Tamime, 2011).

Pati dalam bentuk alami atau sudah dimodifikasi telah banyak digunakan sebagai pengganti kasein (Trivedi et al., 2008b), dan pada konsentrasi rendah pati juga berfungsi sebagai bahan pengisi (Mounsey dan O'Riordan, 2008). Tujuan lain penambahan bahan pengisi adalah untuk memperbaiki tekstur keju olahan dan meningkatkan daya pengikatan air.

Penelitian terdahulu yang menggunakan pati dan tepung sebagai bahan pengisi dalam keju olahan diantaranya: pati kentang, pati gandum, pati asam, pati jagung tinggi amilosa, pati jagung ketan, dan pati beras (Trivedi et al., 2008a,b); *amiloca*, *melogel* dan *Hi-meize 958* (Gampala dan Brennan, 2008); pati kentang (Ye dan Hewitt, 2009); pati jagung, pati jagung ketan, dan pati tinggi amilosa (Ye et al., 2009); tepung terigu (Fitasari, 2009), pati gandum (Mounsey, 2009); tepung lupin (Awad et al., 2014); pati alami dan pati termodifikasi (Mohamed, 2015). Sifat gelatinisasi, sifat pasta dan retrogradasi pati menjadi fungsi terpenting dalam penggunaan bahan berpati di semua aplikasi (Goel et al., 1999).

Ubi kayu merupakan sumber karbohidrat yang memiliki kadar protein lebih tinggi (1,36% bb) dibandingkan kadar lemaknya (0,28% bb). Protein akan lebih mengikat air dalam sistem keju olahan dibandingkan lemak. Produk olahan ubi kayu seperti *modified cassava flour* (mocaf) dan tapioka berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengisi pada keju olahan (Montagnac et al., 2009; Salvador et al., 2014).

Mocaf adalah produk tepung ubi kayu terfermentasi yang memiliki karakteristik seperti gandum tipe II

(Kurniati et al., 2012). Proses fermentasi pada pembuatan mocaf bertujuan untuk memperbaiki sifat fungsional seperti kemampuan dalam gelatinasi, viskositas, pengikatan air dan pengembangan adonan. Kemampuan pengikatan air yang baik dari mocaf menyebabkan produk mocaf yang dihasilkan akan lebih kompak. Sedangkan tapioka merupakan produk ubi kayu dengan kandungan utama pati, memiliki suhu gelatinisasi dengan kisaran cukup lebar, yaitu 52-64°C. Tapioka mempunyai karakteristik gel cukup kuat dan transparan sehingga memiliki potensi untuk dijadikan bahan pengisi (Herawati, 2011).

Perbedaan cara pengolahan dan karakteristik fisikokimia mocaf dan tapioka jika ditambahkan dalam suatu sistem produk akan menghasilkan perbedaan karakteristik produk yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan pengisi berbasis ubi kayu (mocaf dan tapioka) terhadap karakteristik fisikokimia keju cedar olahan, mendapatkan model formula penambahan mocaf dan tapioka dalam pembuatan keju cedar olahan, dan mengetahui nilai kesukaan panelis terhadap keju cedar olahan pada kondisi model formula yang terpilih.

2. Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2017 di Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong Bogor Jawa Barat. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah keju cedar (pemeraman 6 bulan) yang diperoleh dari Inkubator Pengolahan Susu Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, mocaf ubi kayu Adira I dari kegiatan Biovillage Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, tepung tapioka, aquades, garam dapur, garam pengemulsi *sodium tripolyphosphate* (STTP), plastik kemasan vakum, NaOH 0,2 N., Triton X-100 dan bahan kimia lainnya yang berkualitas analis untuk analisis kimia produk. Peralatan yang digunakan adalah waterbath *Memmert WNB 14* Schwabach Jerman, pengemas vakum *Powerpack DZ-300M* Jakarta Indonesia, oven *Thermo Scientific VT 6060 M* Massachusetts USA, tanur listrik *Heraeus D 63450* Hanau Jerman, desikator, *magnetic stirrer Raypa AG-5*, Barcelona Spanyol, *Ultra Turax T25 Digital* Staufen Jerman, *Milkoscan FT 120* Hillerød Denmark, *texture analyzer (TA XT plus)* Massachusetts USA dan alat-alat gelas lainnya.

2.1. Pembuatan keju cedar olahan (modifikasi Fitasari, 2009)

Keju cedar dipanaskan pada suhu 60°C sampai meleleh, kemudian dilakukan pengurangan minyak sebanyak 6% dari bobot keju cedar (b'). Setelah itu ditambahkan garam dapur 1% (b/b'), STTP 1% (b/b'), bahan pengisi (sesuai konsentrasi perlakuan), dan air 20% (b/b'). Bahan pengisi yang ditambahkan adalah mocaf dan tapioka dengan 6 perlakuan, yaitu F1 (penambahan mocaf 5% (b/b')); F2 (penambahan mocaf 10% (b/b')); F3 (penambahan mocaf 15% (b/b')); F4 (penambahan tapioka 5% (b/b')); F5 (penambahan tapioka 10% (b/b')); dan F6 (penambahan tapioka 15% (b/b')). Sebagai kontrol adalah F0 (keju cedar). Setelah

proses pencampuran, dilakukan pemanasan pada suhu 85°C, sampai adonan kalis (tidak lengket di alat). Produk dicetak pada loyang, setelah dingin produk dikemas secara vakum. Produk disimpan pada lemari pendingin (suhu 4-6°C).

2.2. Analisis kadar air (SNI 01-2980-1992)

Analisis kadar air menggunakan metode *thermogravimetri* dengan oven. Cawan kosong dikeringkan dalam oven 105°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Sampel keju ditimbang 1-2 g dan dimasukkan kedalam cawan. Cawan yang berisi sampel dikeringkan pada oven bersuhu 105°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator. Penimbangan dilakukan sampai berat konstan. Kadar air dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar kadar air (\% bb)} = \frac{W - (W_1 - W_2)}{W} \quad (1)$$

W = berat sampel sebelum dikeringkan (g)

W₁ = berat sampel dan cawan setelah dikeringkan (g)

W₂ = berat cawan kosong (g)

2.3. Analisis kadar abu (SNI 01-2980-1992)

Kadar abu bahan ditentukan dengan metode pengabuan kering. Cawan porselin dikeringkan dalam oven 105°C, selama 15 menit, didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Sebanyak 1-2 g sampel keju ditimbang. Sampel dimasukkan pada cawan porselin. Cawan berisi sampel dimasukkan kedalam tanur listrik untuk dilakukan pengabuan. Setelah proses pengabuan, cawan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang sampai berat konstan. Kadar abu dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar kadar abu (\% bb)} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Kadar kadar abu (\% bk)} = \frac{\text{Kadar abu (bb)}}{100 - \text{kadar air}} \times 100 \quad (3)$$

W = berat sampel sebelum dikeringkan (g)

W₁ = berat sampel + cawan setelah diabukan (g)

W₂ = berat cawan kosong (g)

2.4. Analisis kadar protein dan lemak

Kadar protein dan lemak dianalisis dengan *Milkoscan FT 120*. Keju cedar olahan ditimbang 25 g, dan ditempatkan pada erlemeyer 250 ml yang ditutup *aluminium foil*. Sebanyak 125 ml NaOH 0,2 N dan 0,1% Triton X-100 ditambahkan pada sampel. Sampel dipanaskan 55°C dengan pengadukan terus menerus sampai semua keju terlarut. Sampel dihomogenisasi dengan *Ultra Turax T25 Digital* pada 20.000 rpm selama 1 menit. Sampel disaring dan siap untuk dianalisis. Sampel diletakan pada *inlet pipette Milkoscan FT 120*, kemudian tanda analisis (F9) ditekan. Tunggu sampai di

layar keluar hasil analisisnya, yaitu kadar protein, kadar lemak dan kadar total padatan (*total solid*).

Metode yang digunakan pada analisis protein adalah *Dumas combustion* (makro-N). Prinsip metode ini adalah analisis protein kasar dengan menghitung total nitrogen. Konversi total nitrogen menjadi kadar protein dengan menggunakan faktor konversi 6,25. Untuk kadar lemak, metode yang digunakan adalah metode *Van Gulich*. Hasil pengukuran kadar protein dan lemak dikonversi dalam % kadar protein dan lemak dengan persamaan:

$$\text{Kadar protein (\% bk)} = \frac{\% \text{protein terbaca}}{\% \text{total solid}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Kadar lemak (\% bk)} = \frac{\% \text{lemak terbaca}}{\% \text{total solid}} \times 100 \quad (5)$$

2.5. Analisis karbohidrat

Kadar karbohidrat ditentukan berdasarkan perhitungan *by difference* seperti yang dilakukan Awad et al., (2014). Perhitungan kadar karbohidrat dilakukan dengan pengurangan 100 % terhadap kadar air, kadar lemak, kadar protein dan kadar abu produk.

2.6. Analisis profil tekstur

Analisis profil tekstur keju cedar olahan dilakukan secara instrumental dengan *texture analyzer (TA XT plus)*. Jenis *probe* yang digunakan adalah 36 mm Cyl.radius P/36R. Kondisi tes yang digunakan, yaitu *load cell 50 kg, contact time 5 s, pre-test speed 1.5 mm/s, test speed 2.0 mm/s, return distance 20 mm, dan return speed 5 mm/s*. Atribut tekstur yang diukur meliputi nilai kekerasan (*hardness*), daya adhesif (*adhesiveness*), elastisitas (*springiness*), daya kohesif (*cohesiveness*), kelengketan (*gumminess*), dan daya kunyah (*chewiness*).

2.7. Penentuan model formula keju cedar olahan

Hasil analisis kimia dan fisik keju cedar olahan dimasukkan sebagai *historical data* pada perangkat lunak *Design Expert 7.0*. Analisis dengan perangkat lunak ini akan memberikan persamaan terhadap setiap parameter (hasil analisis sifat kimia dan fisik). Model formula dari setiap parameter dioptimasi berdasarkan nilai *desirability* yang tinggi dan tingkat kepentingan yang diharapkan.

Target untuk kadar air, kadar karbohidrat dan kekerasan adalah minimum, sedangkan kadar protein dan lemak adalah maksimum. Adapun target untuk daya adhesif, elastisitas, daya kohesif, kelengketan, dan daya kunyah adalah *in range*. Tingkat kepentingan mempunyai nilai 1 sampai 5. Nilai besar menunjukkan target optimasi yang diprioritaskan. Semua parameter pada penelitian ini diatur pada nilai kepentingan 3 (+++). Keju cedar olahan formula terpilih diharapkan memiliki karakteristik sesuai standar SNI 01-2980-1992 Keju Cedar Olahan.

2.8. Verifikasi formula terpilih

Formula optimasi yang terpilih diverifikasi untuk mengetahui kesesuaian antara nilai respon aktual dengan nilai respon prediksi. Kesesuaian terjadi bila respon aktual berada dalam selang kepercayaan yang digunakan (95%) atau respon aktual berada dalam selang prediksi yang diberikan (berada pada rentang *Confident Index* (CI) dan *Predicted Index* (PI)).

2.9. Uji organoleptik kesukaan model formula terpilih

Karakteristik organoleptik diuji menggunakan uji rating hedonik. Sepotong keju dari formula terpilih berukuran 3 cm x 1 cm x 0,3 cm disajikan dengan kode acak pada panelis tak terlatih. Jumlah panelis 69 dari civitas akademik IPB Bogor. Parameter yang dinilai adalah keseluruhan (*over all*). Skala kesukaan yang digunakan sebanyak 7 poin, yaitu sangat tidak suka (1), tidak suka (2), agak tidak suka (3), netral (4), agak suka (5), suka (6), dan sangat suka (7).

2.10. Analisis data

Pengolahan data sifat kimia dan fisik keju cedar olahan dilakukan dengan SPSS 22 dan dianalisis dengan uji ANOVA (*Analysis of varian*), jika terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) pada variabel bebas maka dilanjutkan dengan uji pembedaan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Sedangkan untuk uji organoleptik diuji *one sample t-test* dengan *test value* 4.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Karakteristik kimia keju cedar olahan

Keju cedar olahan diartikan sebagai keju cedar yang diolah dengan penambahan pengemulsi dan pemanasan dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain yang diizinkan (SNI 01-2980-1992). Bahan makanan lain yang ditambahkan pada penelitian adalah mocaf dan tapioka. Komposisi kadar air, kadar protein, dan kadar lemak bahan pengisi merupakan parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik reologi, tekstur, dan daya leleh pada produk keju olahan (Černíková et al., 2017). Pengaruh penambahan mocaf dan tapioka terhadap karakteristik keju cedar olahan tersaji pada Tabel 1.

Pengurangan minyak 6% (b/b') dan penambahan air 20% memberikan pengaruh terhadap karakteristik fisikokimia keju cedar olahan. Standar keju cedar olahan mempersyaratkan kadar air (maksimum 45 %), protein (minimum 19,5% b/b), lemak (minimum 25%) dan kadar abu (maksimum 5,5% b/b). Kadar air produk keju cedar olahan yang dihasilkan berkisar antara 38%-42%. Kadar air keju cedar berbeda signifikan ($p < 0,05$) dengan kadar air keju cedar olahan, hal ini disebabkan penambahan air 20%. Air pada pembuatan keju olahan berfungsi sebagai *carrier* emulsifier dan bertujuan untuk menyesuaikan total padatan pada produk akhir (Caric et al., 1985).

Penambahan tapioka konsentrasi 5% dan 10% menghasilkan keju olahan dengan kadar air yang lebih rendah dibandingkan penambahan mocaf. Kandungan amilosa-amilopektin pada bahan pengisi berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Pada bahan pangan dengan kandungan utama pati, amilosa lebih mudah mengikat air dibandingkan amilopektin, sehingga mobilitasnya rendah (Wariyah et al., 2007). Proses *depolimerasi* dan *debranching* amilopektin pada pembuatan mocaf menghasilkan molekul rantai lurus pendek yang mudah larut air (Priadi et al., 2013). Penambahan mocaf menyebabkan kadar air keju olahan lebih tinggi dibandingkan dengan tapioka. Namun hal berbeda terjadi pada penambahan bahan pengisi 15%, penambahan tapioka 15% memberikan kadar air keju olahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mocaf 15%. Perbedaan ini dimungkinkan karena adanya batasan maksimum pengikatan air.

Penambahan bahan pengisi akan meningkatkan total padatan pada produk akhir dan menurunkan kadar air. Peristiwa ini terjadi pada penambahan mocaf. Semakin besar konsentrasi mocaf yang ditambahkan, kadar air semakin rendah. Hasil yang sama dilaporkan oleh Fitasari (2009), penambahan tepung terigu pada pengolahan keju gouda olahan menurunkan kadar air produk akhir. Namun hal berbeda terjadi pada penambahan tapioka yang tidak menunjukkan adanya penurunan kadar air dengan bertambahnya konsentrasi tapioka. Adanya kompleks pati tapioka dengan lemak keju dalam keju olahan dapat menghambat proses pengikatan air, sehingga air dalam bahan menjadi terbatas. Perbedaan konsentrasi dari mocaf dan tapioka yang ditambahkan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar air keju cedar olahan ($p > 0,05$).

Abu merupakan komponen anorganik atau mineral yang terkandung dalam bahan pangan. Penambahan garam dan STTP berpengaruh signifikan meningkatkan kadar abu pada keju cedar olahan ($p < 0,05$). Kadar abu keju cedar olahan dengan penambahan mocaf lebih tinggi dibandingkan tapioka. Hasil karakterisasi bahan baku, kadar abu mocaf adalah 1,03% (bk), sedangkan tapioka 0,17% (bk). Kadar abu mocaf yang lebih tinggi menghasilkan kadar abu produk yang lebih tinggi juga. Kadar abu keju cedar olahan tidak dipengaruhi oleh bertambahnya konsentrasi bahan pengisi ($p > 0,05$).

Peningkatan proporsi abu dalam jumlah kecil dibandingkan total produk menyebabkan penurunan kadar abu di produk akhir. Konsentrasi penambahan 15% memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan 10% dan 5%. Hasil berbeda dilaporkan pada penelitian Dhuol dan Hamid (2013) dan Awad et al. (2014). Peningkatan konsentrasi 0%; 0,5%; 0,75% dan 1% tepung ubi kayu meningkatkan kadar abu keju olahan yang dihasilkan (Dhuol dan Hamid, 2013). Sedangkan substitusi pasta lupin mampu meningkatkan kadar abu keju olahan (Awad et al., 2014). Hasil penelitian lainnya, penambahan hidrokoloid pada pengolahan keju mozzarella memberikan kadar abu yang fluktuatif (Sattar et al., 2015). Jenis dan konsentrasi penambahan bahan pengisi akan memberikan pengaruh yang berbeda-beda.

Peningkatan konsentrasi bahan pengisi menurunkan kadar protein keju cedar olahan. Hasil yang sama disampaikan oleh Fitasari (2009), peningkatan konsentrasi tepung terigu menyebabkan terjadinya penurunan kadar protein pada keju gouda olahan. Namun, hasil yang berbeda diperoleh pada penelitian Dhuol dan Hamid (2013) dan Awad et al. (2014). Penambahan konsentrasi yang rendah (0%-1%) tepung

ubi kayu mampu meningkatkan secara signifikan ($p < 0,05$) kadar protein keju (Dhuol dan Hamid, 2013). Sedangkan meningkatnya substitusi pasta lupin memberikan kadar protein yang lebih tinggi pada keju olahan (Awad et al., 2014). Perbedaan jenis jenis bahan pengisi tidak mempengaruhi kadar protein produk akhir ($p > 0,05$).

Tabel 1

Hasil analisis proksimat keju cedar olahan dengan variasi penambahan mocaf dan tepung tapioka

| Perlakuan | Kadar air (%bb) | Kadar abu (%bk) | Kadar protein (%bk) | Kadar lemak (%bk) | Kadar karbohidrat (%bk) |
|-----------|-------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| F0 | 35,15±0,52 ^a | 5,92±0,08 ^a | 34,57±0,31 | 45,79±0,04 ^a | 13,72±0,42 ^a |
| F1 | 42,60±0,56 ^b | 9,25±0,35 ^b | 34,78±0,88 | 34,69±0,18 ^{cd} | 21,28±0,34 ^b |
| F2 | 41,53±0,18 ^b | 8,64±0,38 ^b | 28,71±0,13 | 32,88±0,63 ^c | 29,77±0,13 ^c |
| F3 | 38,65±0,72 ^b | 8,16±0,42 ^b | 25,88±0,47 | 29,04±1,02 ^b | 36,93±0,13 ^d |
| F4 | 39,04±1,81 ^b | 9,18±0,42 ^b | 32,91±3,31 | 35,36±0,17 ^d | 22,55±3,58 ^b |
| F5 | 40,40±0,96 ^b | 8,48±0,63 ^b | 30,82±3,30 | 33,50±1,33 ^{cd} | 27,22±2,59 ^{bc} |
| F6 | 39,78±1,52 ^b | 7,79±0,59 ^b | 26,80±4,49 | 28,40±0,01 ^b | 37,00±3,92 ^d |

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan hasil yang berbeda signifikan ($p < 0,05$)

Keterangan: F1 (penambahan mocaf 5%); F2 (penambahan mocaf 10%); F3 (penambahan mocaf 15%); F4 (penambahan tapioka 5%); F5 (penambahan tapioka 10%); F6 (penambahan tapioka 15%), dan F0 (keju cedar 100%)

Lemak merupakan satu parameter kimia yang harus distandarisasi karena berpengaruh terhadap karakteristik keju (Kapoor dan Metzger, 2008). Pengurangan kadar minyak pada pembuatan keju olahan menyebabkan penurunan kadar lemak. Tujuan pengurangan minyak diawal proses adalah untuk menciptakan produk akhir yang tidak berminyak (*oily*) dan lebih disukai konsumen. Pada konsentrasi 5% dan 10%, penambahan tapioka memberikan kadar lemak yang lebih tinggi dibandingkan penambahan mocaf. Namun, hasil terbalik terjadi pada konsentrasi 15%. Perbedaan respon penambahan bahan pengisi dimungkinkan karena kadar lemak bahan pengisi yang rendah dan adanya pemanasan. Proses pemanasan pada temperatur tinggi dapat menyebabkan banyak lemak yang keluar (Herawati, 2011).

Konsentrasi bahan pengisi yang meningkat berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar lemak ($p < 0,05$). Penambahan bahan pengisi meningkatkan proporsi pati dan menurunkan proporsi lemak dalam keju cedar olahan. Lemak pada keju dapat membentuk ikatan kompleks dengan pati, yang dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses gelatinasi (Fitasari, 2009). Perbedaan jenis bahan pengisi tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap kadar lemak keju cedar olahan ($p > 0,05$). Penelitian Awad et al. (2014) memberikan hasil yang sama, peningkatan substitusi pasta lupin tidak memberikan perbedaan signifikan pada kadar lemak keju olahan. Hasil berbeda diperoleh pada penambahan tepung ubi kayu 0%-1% yang mampu meningkatkan secara signifikan ($p < 0,05$) kadar lemak keju olahan (Dhuol dan Hamid, 2013).

Penambahan mocaf dan tapioka meningkatkan kadar karbohidrat keju cedar olahan secara signifikan ($p < 0,05$). Pada konsentrasi 15%, kadar karbohidrat keju cedar olahan dari penambahan tapioka lebih besar dibandingkan mocaf. Perbedaan kadar karbohidrat antar perlakuan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan jenis bahan pengisi tidak mempengaruhi

perbedaan kadar karbohidrat di keju cedar olahan. Substitusi berbagai konsentrasi pasta lupin pada keju olahan tidak menyebabkan perbedaan pada kadar karbohidrat (Awad et al., 2014).

3.2. Profil tekstur keju cedar olahan

Tekstur keju olahan dipengaruhi oleh interaksi antara komponen yang terkandung dalam keju seperti karbohidrat, lemak, protein, air, mineral-mineral dan derajat keasamannya. Tahapan proses seperti pemanasan, penambahan bahan pengisi, dan penambahan bahan lainnya akan berinteraksi menciptakan tekstur keju olahan yang diinginkan. Atribut tekstur meliputi kekerasan, daya adhesif, daya kohesif, dan kelengketan. Parameter ini berkaitan dengan *mouthfeel*, kecocokan penggunaan dan kualitas produk secara keseluruhan (Gampala dan Brennan, 2008). Hasil pengukuran tekstur keju cedar olahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Kekerasan diukur sebagai besarnya gaya yang diperlukan untuk merubah bentuk fisik bahan. Atribut tekstur ini mengindikasikan adanya heterogenitas seperti adanya ikatan antar granula pada keju (Sattar et al., 2015). Pada proses pemanasan, terjadi pelarutan amilosa yang membentuk ikatan hidrogen dan pembentukan gel yang menyebabkan peningkatan kekerasan (Mounsey dan O'Riordan, 2001).

Penambahan mocaf memberikan nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan tapioka. Hal ini disebabkan karena tapioka mengandung amilopektin yang lebih banyak dibandingkan mocaf (Yuwono et al., 2013; Fitriani dan Astuti, 2013; Priadi et al., 2013; Herawati, 2012). Amilosa yang berantai lurus akan memberikan sifat keras (pera), sedangkan amilopektin adalah rantai bercabang pada pati yang memberikan karakteristik lunak dan pulen pada produk (Wanita dan Wisnu, 2012; Fitriani dan Astuti, 2013). Sifat keras pada

produk dikarenakan oleh pembentukan gel yang kuat karena reasosiasi amilosa setelah gelatinisasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan konsentrasi bahan pengisi tidak signifikan meningkatkan kekerasan keju cedar olahan ($p>0,05$).

Peningkatan signifikan ($p<0,05$) nilai adhesif keju cedar olahan menunjukkan adanya peningkatan interaksi molekul tak sejenis. Kenaikan daya adhesif disebabkan oleh adanya amilopektin pada bahan pengisi (Fitriani dan Astuti, 2013). Amilopektin pada mocaf lebih rendah dibandingkan tapioka karena adanya pemutusan

percabangan amilopektin. Hal ini menyebabkan keju olahan dengan penambahan mocaf memiliki nilai adhesif yang lebih kecil. Jenis dan konsentrasi bahan pengisi tidak memberikan perbedaan signifikan pada nilai adhesif keju cedar olahan ($p>0,05$). Pada penelitian Gampala dan Brennan (2008) dan Sołowiej et al. (2016) penambahan pati pada pengolahan keju juga tidak memberikan perbedaan nilai adhesif. Hasil berbeda disampaikan oleh Mohamed (2015) yang menyatakan pati alami lebih menghasilkan tekstur yang lebih bagus dan tidak lengket.

Tabel 2
Profil tekstur keju cedar olahan variasi penambahan mocaf dan tepung

| Perlakuan | Kekerasan (gF) | Daya adhesif (g/s) | Elastisitas | Daya kohesif | Kelengketan (gF) | Daya kunyah (gF) |
|-----------|----------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| F0 | 3100,462 | -10,603 ^a | 0,759 ^a | 0,571 ^a | 1549,653 ^a | 1225,926 ^a |
| F1 | 4411,173 | -52,221 ^b | 0,636 ^b | 0,533 ^b | 2357,138 ^b | 1484,827 ^b |
| F2 | 5468,228 | -17,983 ^b | 0,556 ^b | 0,508 ^b | 2740,017 ^b | 1938,964 ^b |
| F3 | 4825,209 | -35,671 ^b | 0,721 ^b | 0,512 ^b | 2483,457 ^b | 1768,550 ^b |
| F4 | 2596,591 | -33,576 ^b | 0,615 ^b | 0,534 ^b | 1372,028 ^b | 1864,596 ^b |
| F5 | 4025,654 | -9,887 ^b | 0,813 ^b | 0,639 ^b | 2531,303 ^b | 2056,678 ^b |
| F6 | 4555,335 | -28,444 ^b | 0,792 ^b | 0,631 ^b | 2864,996 ^b | 2272,363 ^b |

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf berbeda menunjukkan hasil yang berbeda signifikan ($p<0,05$)

Keterangan: F1 (penambahan mocaf 5%); F2 (penambahan mocaf 10%); F3 (penambahan mocaf 15%); F4 (penambahan tapioka 5%); F5 (penambahan tapioka 10%); F6 (penambahan tapioka 15%), dan F0 (keju cedar 100%)

Proses pengolahan keju cedar olahan menyebabkan perubahan elastisitas yang signifikan ($p<0,05$). Penambahan bahan pengisi kaya pati akan meningkatkan kekuatan internal pada keju olahan melalui pembentukan ikatan yang kompleks antara pati dengan protein. Ikatan kompleks yang kuat menyebabkan produk mudah kembali ke posisi awal ketika terjadi kompresi. Perbedaan jenis bahan pengisi tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($p>0,05$). Keju cedar olahan dengan penambahan tapioka relatif memiliki nilai elastisitas yang lebih besar dibandingkan dari mocaf. Nilai elastisitas yang besar menunjukkan adanya interaksi yang kuat antar kasein dalam susu (Silva et al., 2012). Tapioka mempunyai kemampuan interaksi dengan kasein yang lebih besar dibandingkan mocaf.

Penambahan konsentrasi bahan pengisi mampu meningkatkan nilai elastisitas keju cedar olahan. Proporsi pati pada keju olahan bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi bahan pengisi. Amilopektin mempunyai kemampuan dalam melindungi gel saat gelatinisasi yang kuat terhadap kerusakan mekanis (Lestari et al., 2013). Tapioka memiliki kadar amilopektin yang lebih besar dibandingkan mocaf, sehingga nilai elastisitasnya lebih besar. Pada penelitian Awad et al., (2014) substitusi pasta lupin mampu menurunkan nilai elastisitas. Hal ini menunjukkan penambahan bahan pengisi yang berbeda akan memberikan respon elastisitas keju olahan yang berbeda pula.

Daya kohesif menunjukkan kekuatan internal antar komponen sejenis dalam suatu bahan. Hasil penelitian menunjukkan penambahan bahan pengisi dapat meningkatkan daya kohesif secara signifikan ($p<0,05$). Penambahan bahan pengisi berpati tinggi meningkatkan kekuatan internal antar kasein pada keju. Pada pengolahan keju cedar dan mozzarella daya kohesif

berkolerasi dengan kadar protein (Mounsey dan O’Riordan, 2001). Korelasi protein dengan daya kohesif tidak terjadi pada penelitian ini. Penggunaan tapioka menghasilkan keju cedar olahan dengan daya kohesif yang lebih besar dibandingkan penambahan mocaf.

Daya kohesif meningkat dengan bertambahnya tapioka. Hal sebaliknya, penambahan mocaf menurunkan daya kohesif. Ikatan internal yang lemah seiring dengan terjadinya penurunan proporsi protein akibat adanya peningkatan konsentrasi mocaf (Mounsey, 2009). Dari hasil penelitian menunjukkan perbedaan pola pembentukan ikatan internal. Pada konsentrasi tinggi tapioka lebih kuat, sedangkan mocaf lebih kuat pada konsentrasi rendah. Pola penurunan daya kohesif dengan penambahan bahan pengisi juga terjadi pada penelitian Awad et al. (2014) dan Mounsey dan O’Riordan (2008). Pembengkakan granula pati menyebabkan daya kohesif menurun (Mounsey dan O’Riordan, 2008).

Nilai kelengketan keju cedar olahan meningkat dengan adanya penambahan bahan pengisi ($p<0,05$). Kelengketan keju olahan dipengaruhi oleh kadar amilopektin (Fitriani dan Astuti, 2013). Keju cedar olahan dengan penambahan tapioka memiliki nilai kelengketan yang lebih kecil dibandingkan mocaf. Peningkatan konsentrasi bahan pengisi tidak signifikan meningkatkan nilai kelengketan ($p>0,05$). Perbedaan proporsi pati dalam keju dan rasio amilosa-amilopektin pada bahan pengisi belum mampu memberikan perbedaan nilai kelengketan keju cedar olahan. Hal ini dapat disebabkan oleh proses gelatinisasi yang belum sempurna karena lemahnya pengikatan air saat pemanasan. Peningkatan kelengketan pada keju olahan juga terjadi pada penelitian Awad et al. (2014).

Daya kunyah adalah besarnya energi yang dibutuhkan untuk mengunyah makanan padat menjadi bentuk yang siap untuk ditelan. Keju cedar olahan

memiliki daya kunyah yang lebih besar dibandingkan keju cedar. Penggunaan jenis bahan pengisi dengan konsentrasi tertentu tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($p>0,05$). Tabel 2. menunjukkan pada konsentrasi 10% dan 15%, penambahan mocaf menghasilkan daya kunyah yang lebih kecil dibandingkan tapioka.

Tapioka memiliki kemampuan yang besar untuk membentuk ikatan kompleks dengan protein, sehingga memerlukan energi yang lebih besar untuk mengunyah dibandingkan mocaf. Daya kunyah rendah menunjukkan bahwa ikatan yang terdapat pada matrik protein tersebut rendah atau sebagian protein telah mengalami denaturasi saat pemanasan (Silva et al., 2012). Hasil berbeda terjadi pada penelitian Awad et al. (2014), substitusi pasta lupin menurunkan nilai daya kunyah.

3.3. Penentuan model formula keju cedar olahan

Penambahan mocaf dan tapioka memberikan model matematik seperti pada Tabel 3. Respon parameter keju cedar olahan dapat disebabkan oleh model matematik kuadrat, linear dan mean dari penambahan bahan pengisi. Model matematik yang menunjukkan hubungan pengaruh bahan pengisi terhadap kadar air dan daya adhesif adalah model kuadrat. Model matematik linear terjadi pada respon kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat, elastisitas, dan daya kohesif. Sedangkan kekerasan, kelengketan dan daya kunyah memiliki model matematik mean. Perbedaan konsentrasi bahan pengisi tidak berpengaruh terhadap respon pada model matematik mean. Setiap model dari respon dioptimasi sehingga diperoleh formula matematik optimum seperti pada Tabel 4. Grafik 3 dimensi formula optimum terhadap *desirability* terdapat pada Gambar 1.

Tabel 3
Model formula matematik sifat fisik dan kimia keju cedar olahan dengan penambahan mocaf dan tapioka

| Respon | Formula matematik | Model matematik |
|--------------|--|-----------------|
| Kadar air | $39,2843+0,8858(A)+0,0529(B)-0,0903(AB)-0,0621(A)^2-0,0009(B)^2$ | Kuadrat |
| Daya adhesif | $118,6435-18,0541(A)-1,6282(B)+1,4972(AB)+0,8300(A)^2+1,0457(B)^2$ | Kuadrat |
| Protein | $37,2535-0,7468(A)-0,6576(B)$ | Linear |
| Lemak | $38,8205-0,6659(A)-0,6798(B)$ | Linear |
| Karbohidrat | $14,1115+1,5247(A)+1,4731(B)$ | Linear |
| Elastisitas | $0,5640+1,5247(A)+1,4731(B)$ | Linear |
| Kohesif | $0,5091+0,0070(B)$ | Linear |
| Kekerasan | 4070,0673 | Mean |
| Kelengketan | 2231,4419 | Mean |
| Kunyah | 1608,9194 | Mean |

Keterangan : A: konsentrasi mocaf; B: konsentrasi tapioka

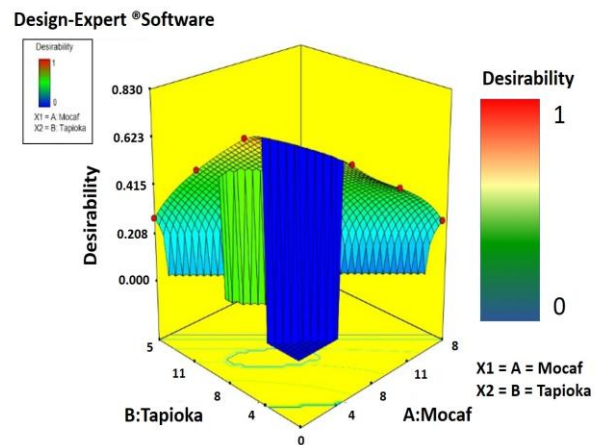
3.4. Verifikasi formula keju cedar olahan

Dari hasil pengujian uji respon permukaan dengan persamaan yang ada pada Tabel 3, diperoleh formula terpilih penambahan tapioka 3%. Poin prediksi dari solusi yang terpilih terdapat pada Tabel 5. Respon kadar air hasil verifikasi tidak berada pada rentang batas atas

dan bawah CI atau PI. Kandungan tapioka yang kecil dimungkinkan menjadi penyebab keterbatasan pengikatan air, sehingga banyak air berada diluar sistem keju cedar olahan. Sedangkan respon kadar protein dan lemak berada pada batas CI, artinya penambahan bahan pengisi formula optimum menghasilkan kadar protein dan lemak sesuai harapan.

Tabel 4.
Optimasi formula matematik sifat fisik dan kimia keju cedar olahan dengan penambahan mocaf dan tapioka

| Nama respon | Nilai |
|---------------------|---------|
| Mocaf (%) | 0 |
| Tapioka (%) | 3 |
| Kadar air (%) | 39,44 |
| Protein (%) | 35,20 |
| Lemak (%) | 36,70 |
| Karbohidrat (%) | 18,71 |
| Kekerasan (gF) | 4070,07 |
| Daya adhesif (g/s) | 61,325 |
| Elastisitas | 0,614 |
| Daya kohesif | 0,531 |
| Kelengketan (gF) | 2231,44 |
| Daya kunyah (gF) | 1608,92 |
| <i>Desirability</i> | 0,825 |



Gambar 1. Grafik tiga dimensi optimasi formula keju cedar olahan dengan penambahan mocaf dan tapioka.

Verifikasi terhadap profil tekstur menghasilkan respon nilai kekerasan aktual yang lebih rendah daripada batas bawah CI dan PI. Menurut Shamsia et al. (2011) kadar air berpengaruh terhadap kekerasan produk. Kadar air yang tinggi menyebabkan kekerasan menjadi rendah. Daya adhesif memiliki nilai respon aktual yang terverifikasi, berada pada rentang atas dan bawah CI. Respon daya kohesif berada pada rentang batas atas PI, artinya produk keju cedar olahan memiliki daya kohesif sesuai dengan prediksi yang diberikan. Respon elastisitas, kelengketan dan daya kunyah tidak berada pada rentang atas dan rentang bawah CI atau PI.

Ketidaksesuaian antara poin prediksi dengan hasil verifikasi dapat disebabkan karena volume sampel dan perbedaan dalam proses pengolahan. Volume sampel yang kecil dan proses pengolahan manual

memungkinkan terjadinya ketidakseragaman hasil akhir. Nilai *desirability* penelitian (0,825) masih jauh dari yang diharapkan (>0,95). Beberapa parameter tidak optimal sehingga nilai *desirability* rendah dan hasil verifikasi tidak berada pada rentang CI dan PI. Parameter tersebut

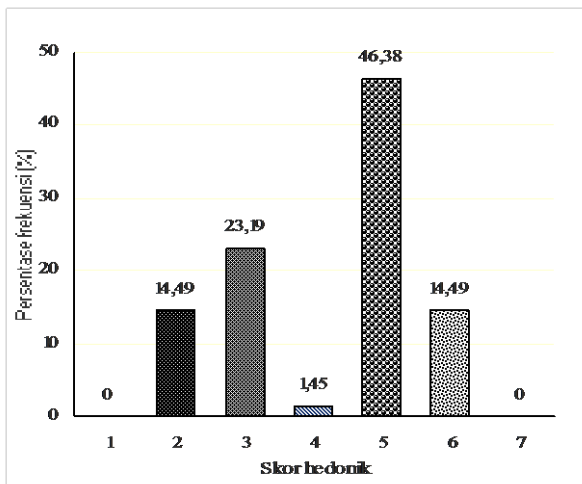
adalah kadar air, karbohidrat, kekerasan, elastisitas, kelengketan dan daya kunyah. Kadar air keju cedar olahan formula terpilih belum sesuai dengan SNI 01-2980-1992.

Tabel 5
Poin prediksi solusi keju cedar olahan dengan penambahan tapioka 3%

| Respon | Prediksi | 95% CI | | 95% PI | | Hasil Verifikasi |
|--------------------|----------|-------------|------------|-------------|------------|------------------|
| | | Batas bawah | Batas atas | Batas bawah | Batas atas | |
| Kadar air (%) | 39,44 | 37,11 | 71,77 | 36,10 | 42,78 | 46,96 |
| Protein (%) | 35,20 | 32,68 | 37,72 | 30,10 | 40,30 | 36,39 |
| Lemak (%) | 36,70 | 35,39 | 38,01 | 34,05 | 39,35 | 36,05 |
| Karbohidrat (%) | 18,71 | 16,40 | 21,02 | 14,03 | 23,29 | 5,09 |
| Kekerasan (gF) | 4070,07 | 3455,27 | 4684,86 | 1535,19 | 4409,94 | 844,52 |
| Daya adhesif (g/s) | 61,325 | 42,79 | 79,86 | 34,74 | 87,91 | 69,38 |
| Elastisitas | 0,614 | 0,52 | 0,71 | 0,43 | 0,80 | 0,421 |
| Daya kohesif | 0,531 | 0,50 | 0,56 | 0,41 | 0,65 | 0,424 |
| Kelengketan (gF) | 2231,4 | 1891,49 | 2571,40 | 829,77 | 3633,12 | 358,70 |
| Daya kunyah (gF) | 1608,92 | 1313,37 | 1904,47 | 390,34 | 1827,50 | 151,24 |

3.5. Uji organoleptik

Uji organoleptik dilakukan terhadap formula keju cedar olahan terpilih menggunakan uji rating hedonik berskala 7. Penilaian keseluruhan melibatkan indera perasa, penglihatan, penciuman, dan pendengaran. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa lebih dari 50% panelis memberikan skor kesukaan pada rentang agak suka sampai suka. Distribusi persentase frekuensi kesukaan panelis terhadap keju cedar olahan formula terpilih dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi frekuensi rating uji kesukaan dari sangat tidak suka (1) sampai sangat suka (7) pada keju cedar olahan dengan penambahan tapioka 3%.

Pengolahan data dengan analisis *one sample t-test*, memberikan rata-rata skor hedonik 4,23. Jika dibandingkan dengan *test value* 4, maka produk keju cedar olahan formula terpilih tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Produk keju cedar yang dihasilkan memiliki daya penerimaan yang netral. Hasil uji organoleptik juga memberikan masukan adanya perbaikan terhadap tekstur dan rasa keju cedar olahan.

4. Kesimpulan

Penambahan bahan pengisi mocaf dan tapioka dengan berbagai konsentrasi berpengaruh terhadap peningkatan kadar lemak dan penurunan kadar karbohidrat keju cedar olahan. Kadar air, kadar abu, kadar protein dan profil tekstur keju cedar olahan tidak dipengaruhi oleh adanya perubahan konsentrasi bahan pengisi. Penambahan tapioka 3% menjadi model formula terpilih dalam penambahan bahan pengisi berbasis ubi kayu. Keju cedar olahan formula terpilih memiliki daya penerimaan yang netral. Mocaf dan tapioka dapat dijadikan bahan pengisi pada pembuatan keju cedar olahan.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini memperoleh dana dari Program Unggulan IPH LIPI Biovillage kegiatan Pengembangan dan Pengolahan Inkubator Susu.

Daftar pustaka

[BSN] Badan Standardisasi Nasional, 1992. SNI 01-2980-1992 Keju cheddar olahan. Standar Nas. Indoneisa 01-2980-1992.

Awad, R.A., Salama, W.M., Farahat, A.M., 2014. Effect of lupine as cheese base substitution on technological and nutritional properties of processed cheese analogue. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 13, 55–64. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.1.5>

Caric, M., Gantar, M., Klaab, M., 1985. Effects of emulsifying agents on the microstructure and other characteristics of process cheese - A Review. *Food Microstruct.* 4, 297–312.

Černíková, M., Nebesářová, J., Salek, R.N., Řiháčková, L., 2017. Microstructure and textural and viscoelastic properties of model processed cheese with different dry matter and fat in dry matter content. *J. Dairy Sci.* 100, 1–8. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12120>

- Dhuol, K.R.R., Hamid, O.I.A., 2013. Physicochemical and sensory characteristic of white soft cheese made from different of Cassava powder (*Manihot esculenta*). *Int. J. Curr. Res. Acad. Rev.* 1, 1–12.
- Fitasari, E., 2009. Pengaruh tingkat penambahan tepung terigu terhadap kadar air, kadar lemak, kadar protein, mikrostruktur, dan mutu organoleptik keju gouda olahan. *J. Ilmu dan Teknol. Has. Ternak* 4, 10–14.
- Fitriani, A.An.N., Astuti, N., 2013. Pengaruh proporsi tepung jagung dan mocaf terhadap kualitas "jamof rice" instan ditinjau dari sifat organoleptik. *e-Jurnal Boga dan Gizi* 02, 34–43.
- Gampala, P., Brennan, C.S., 2008. Potential starch utilisation in a model processed cheese system. *Starch/Staerke* 60, 685–689. <https://doi.org/10.1002/star.200800011>
- Goel, P.K., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R., 1999. Studies on interactions of corn starch with casein and casein hydrolysates. *Food Chem.* 64, 383–389.
- Herawati, H., 2012. Teknologi proses produksi food ingredient dari tapioka termodifikasi. *J. Litbang Pertan.* 3, 68–76.
- Herawati, H., 2011. Peluang pemanfaatan tapioka termodifikasi sebagai fat replacer pada keju rendah lemak, in: *Seminar Nasional Teknologi Peternakan Dan Veteriner*. pp. 411–419.
- Hussein, F.S.E., Zubeir, I.M. El, Fadlelmoula, A.A., 2011. Quality evaluation of imported and locally produced processed cheese in Sudan. *Jordan J. Biol. Sci.* 4, 231–236.
- Kapoor, R., Metzger, L.E., 2008. Process cheese : scientific and technological aspects — A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 7, 194–214.
- Kurniati, L.I., Aida, N., Gunawan, S., Widjaja, T., 2012. Pembuatan mocaf (modified cassava flour) dengan proses fermentasi menggunakan *Lactobacillus palntarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Rhizopus orizae*. *J. Tek. Pomits* 1, 1–6.
- Lazárková, Z., Bunka, F., Bunková, L., Valášek, P., Krácmár, S., Hrabe, J., 2010. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech J. Food Sci.* 28, 168–176.
- Lestari, D.W., Widati, A.S., Widyastuti, E.S., 2013. Pengaruh substitusi tepung tapioka terhadap tekstur dan nilai organoleptik dodol susu [WWW Document]. <http://fapet.ub.ac.id/wp-content/uploads/2013/04/Pengaruh-Substitusi-Tepung-Tapioka-Terhadap-Tekstur-dan-Nilai-Organoleptik-Dodol-Susu.pdf>.
- Mohamed, M.E., 2015. Using native and modified starch in processed cheese analogue manufacture to reduce cost. *J. Food Dairy Technol.* 3, 1–6.
- Montagnac, J.A., Davis, C.R., Tanumihardjo, S.A., 2009. Nutritional of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 8, 181–194.
- Mounsey, J.S., 2009. Effect of wheat starch on imitation cheese texture. *J. Food Technol.* 7, 30–33.
- Mounsey, J.S., O’Riordan, E.D., 2008. Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocoll.* 22, 1160–1169. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.06.014>
- Mounsey, J.S., O’Riordan, E.D., 2001. Characteristics of imitation cheese containing native starches. *J. Food Sci.* 66, 586–591.
- Priadi, G., Haryadi, Cahyanto, M.N., 2013. Pengaruh oksidasi hancuran kasava asam dengan hidrogen peroksida dan katalisis UV-C dalam tumbler terhadap baking expansion, in: *Prosiding Seminar Nasional PATPI 2013*. pp. 158–165.
- Salvador, E.M., Steenkamp, V., McCrindle, C.M.E., 2010. Production, consumption and nutritional value of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) in Mozambique : An overview 6, 29–38. <https://doi.org/10.5897/JABSD2014.0224>
- Sattar, M.U., Sameen, A., Huma, N., Shahid, M., 2015. Exploit fat mimetic potential of different hydrocolloids in low fat mozzarella cheese 3, 518–525. <https://doi.org/10.12691/jfnr-3-8-7>
- Shamsia, S., Yacoub, S., Ziena, H., Safwat, N., 2011. Chemical, microbiological, rheological and organoleptic properties of processed cheese blocks made by using mixture of soybean lecithin and commercial emulsifying salt. *J. Agric. Environmental Sci.* 10, 1–25. <https://doi.org/10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2014.03.002>
- Silva, R.C.S.N., Minim, V.P.R., Vidigal, M.C.R.T., Silva, A.N., Simiqueli, A.A., Minim, L.A., 2012. Sensory and instrumental consistency of processed cheeses. *J. Food Res.* 1, 204. <https://doi.org/10.5539/jfr.v1n3p204>
- Sołowiej, B., Dylewska, A., Kowalczyk, D., Sujka, M., Tomczyn, M., 2016. The effect of pH and modified maize starches on texture, rheological properties and meltability of acid casein processed cheese analogues 1577-1585. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2658-4>
- Tamime, A.Y., 2011. Processed cheese and analogues: an overview, in: *Processed cheese and analogues*. pp. 1–24. <https://doi.org/10.1002/9781444341850.ch1>
- Trivedi, D., Bennett, R.J., Hemar, Y., Reid, D.C.W., Lee, S.K., Illingworth, D., 2008a. Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (II) commercial processed cheese. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 2197–2203. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01850.x>
- Trivedi, D., Bennett, R.J., Hemar, Y., Reid, D.C.W., Lee, S.K., Illingworth, D., 2008b. Effect of different starches on rheological and microstructural properties of (I) model processed cheese. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 2191–2196. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01851.x>
- Wanita, Y.P., Wisnu, E., 2012. Pengaruh cara pembuatan mocaf terhadap kandungan amilosa dan derajat putih tepung, in: *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang*. pp. 588–596.
- Wariyah, C., Anwar, C., Astuti, M., 2007. Kinetika penyerapan air pada beras. *Agritech* 27, 112–117.
- Ye, A., Hewitt, S., 2009. Food hydrocolloids phase structures impact the rheological properties of rennet-casein-based imitation cheese containing starch. *Food Hydrocoll.* 23, 867–873. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.05.004>

Ye, A., Hewitt, S., Taylor, S., 2009. Characteristics of rennet-casein-based model processed cheese containing maize starch: Rheological properties, meltabilities and microstructures. *Food Hydrocoll.* 23, 1220–1227. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.08.016>

Yuwono, S.S., Febrianto, K., Dewi, N.S., 2013. Pembuatan beras tiruan berbasis modified cassava flour (mocaf): kajian proporsi mocaf: tepung beras dan penambahan tepung porang. *J. Teknol. Pertan.* 14, 175–182.