

Aplikasi *response surface methodology* pada optimalisasi proses *direct acidification* terhadap karakteristik produk keju lunak dari penggunaan air lemon

Application of response surface methodology to optimize direct acidification using lemon juice process for soft cheese properties

Winda Septiana¹, Sukarno^{2*}, dan Slamet Budijanto²

¹ Magister Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Jawa Barat

² Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Jawa Barat

* Email korespondensi : dsukarno@apps.ipb.ac.id

Diterima : 15 Agustus 2022, Disetujui : 11 February 2023, DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jthp.v28i1.30-42>

ABSTRACT

Lemon juice can be used as an acidifier to separate curd and whey from milk by decreasing the pH until it reaches the isoelectric point. This study observed the effect of lemon juice as a coagulant for soft cheese-making characteristics using direct acidification that variates the temperature point and the level of lemons maturity classify by the fruit-peel color ratio between yellow and green. Response surface methodology was used in this experimental design with 29 total runs by Design Expert 13 software to search for the optimum formula for the soft cheese-making process. The result shows that the optimum formula reached 70% yellow and 30% green lemon-peel color of fruit maturity, several lemon juice concentrations at 5%, 10%, and 15, and the coagulation temperature point at 30 °C. This research showed that there was an effect of using lemon juice as an acid coagulant in the soft cheese-making process based on the concentration added as an acidifying agent on the characteristic results.

Keywords: direct acidification, soft cheese, lemon juice, response surface methodology

ABSTRAK

Air perasan buah lemon dapat digunakan sebagai bahan pengasam yang mampu memisahkan bagian *curd* dan *whey* melalui penurunan pH susu mencapai titik isoelektik. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari penggunaan air lemon sebagai koagulan terhadap karakteristik keju lunak menggunakan metode pengasaman langsung yang memvariasikan pemanasan pada beragam titik suhu dan tingkat kematangan buah yang dilihat dari klasifikasi warna kulit berdasarkan perbandingan antara kuning dan hijau. Rancangan percobaan disusun menggunakan kerangka *response surface methodology* dengan total 29 *runnings* berbasis software *Design Expert 13* untuk mencari formula optimal dalam proses pembuatan keju lunak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan air perasan buah lemon pada tingkat kematangan buah dengan karakteristik 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau merupakan solusi optimal dengan variasi konsentrasi air lemon yaitu 5%, 10% dan 15% menggunakan titik suhu koagulasi yakni 30°C. Penelitian ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari penggunaan air perasan buah lemon sebagai bahan koagulan asam pada pembuatan keju lunak berdasarkan konsentrasi yang ditambahkan sebagai bahan pengasam terhadap karakteristik yang dihasilkan.

Kata kunci: pengasaman langsung, keju lunak, air lemon, *response surface methodology*

Pendahuluan

Keju sebagai salah satu produk olahan susu yang diproduksi melalui proses koagulasi dengan atau tanpa pemeraman yang diperoleh dengan cara menggumpalkan susu menggunakan rennet, enzim penggumpal atau penggunaan bahan pengasam (Patahanny et al., 2019; Priadi et al., 2018; Wardhani et al., 2018). Menurut Farkye (2017), penggunaan asam pada proses koagulasi susu menghasilkan *curd* yang lunak dengan tingginya kadar air yang terkandung. Sebagai hasil dari proses koagulasi, *curd* merupakan hasil penggumpalan protein berupa padatan yang dipisahkan dari bagian *whey* protein susu. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (2016) mengklasifikasikan keju dengan kadar air

terkandung lebih dari 67% sebagai keju lunak, keju agak keras mengandung padatan tanpa lemak berkisar 54% hingga 69%, keju keras berkisar 49% hingga 56% padatan tanpa lemak, serta keju sangat keras mengandung kurang dari 51% padatan tanpa lemak. Keju lunak yang mengandung padatan susu bukan lemak tidak kurang dari 18% adalah jenis keju *cottage* yang termasuk ke dalam klasifikasi keju tanpa pemeraman (Asmaq & Lubis, 2019; Chairunnisa et al., 2021).

Penambahan asam sebagai bahan koagulan akan mempengaruhi pH susu mencapai titik isoelektrik di mana protein susu tidak bermuatan yang mengakibatkan terlepasnya ikatan dengan komponen air dan terjadi proses sineresis yang memisahkan bagian *whey* membentuk struktur padatan atau *curd* (Kern et al., 2019; Lestari et al., 2020). Fachraniah et al. (2019) membuktikan bahwa jus lemon memiliki kemampuan menggumpalkan kasein susu selama proses pembuatan keju *cottage*. Sulistyio et al. (2018) dan Wardhani et al. (2018) menjelaskan bahwa penggunaan jeruk lemon sebagai bahan koagulan mampu menghasilkan tekstur *curd* yang lebih liat. Penambahan bahan pengasam atau koagulan seperti jus lemon dalam pembuatan keju secara langsung atau *direct acidification* dapat mempersingkat waktu pengasaman dalam mencapai kondisi asam susu (Chakraborty et al., 2021; Thybo et al., 2020; Torres-Frenzel et al., 2021).

Komposisi buah lemon mengandung sekitar 5% asam dengan pH berkisar 2 hingga 3. Asam yang terkandung pada buah lemon memberikan rasa asam yang khas dan menyegarkan (Rehman et al., 2020). Penelitian sebelumnya fokus pada penggunaan berbagai zat asam sebagai bahan koagulan keju melalui proses pengasaman langsung terhadap perbandingan berat rendemen yang dihasilkan (Sulistyio et al., 2018; Wardhani et al., 2018). Penelitian ini bertujuan mempelajari kemampuan air perasan buah lemon sebagai koagulan asam dan optimalisasi formula terhadap karakteristik tekstur dan warna, kadar protein, kadar lemak, kadar air, dan jumlah rendemen yang diperoleh berdasarkan formula yang dirancang menggunakan metode *response surface methodology* (RSM) berdasarkan variasi tingkat kematangan buah lemon yang digunakan (Behera et al., 2018; Breig & Luti, 2021). Solusi RSM terbaik akan menunjukkan spesifikasi terbaik dari buah lemon yang dapat digunakan sebagai koagulan pembentuk keju meninjau dari karakteristik yang diamati (Alhelli et al., 2021).

Bahan dan metode

Bahan dan alat

Bahan utama pada penelitian ini meliputi susu sapi pasteurisasi dari peternakan Ar Rahman di Desa Cinangneng Kabupaten Bogor, air perasan buah lemon dari produk *Hikari Lemon*, dan 0,4% NaCl. Produk perasan lemon divariasikan kematangannya berdasarkan rasio warna kulit buah berwarna kuning banding hijau yaitu 70% : 30%, 80% : 20%, dan 90% : 10%. Alat-alat pada penelitian ini terdiri dari *kuvings cheese maker*, *mixer viva NV 1506*, kompor gas, panci susu, termometer, timbangan digital, timbangan analitis, batang pengaduk, spatula, gelas ukur, pipet tetes, cetakan keju, aluminium foil, kulkas, sendok takar, wadah takar serta alat dan bahan kebutuhan analisis yang terdiri dari alat dan bahan pengujian pH, jumlah rendemen, tekstur, warna, dan proksimat (kadar protein, kadar lemak, kadar air).

Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian yaitu percobaan eksperimental mengikuti rancangan penelitian RSM dari aplikasi *Design Expert 13* untuk menentukan model rancangan percobaan yang menghasilkan formulasi terbaik (Alhelli et al., 2021; Behera et al., 2018). Variabel yang digunakan yaitu pengukuran respons sebagai nilai Y meliputi karakteristik tekstur dan warna, kadar protein, kadar lemak, kadar air, dan jumlah rendemen terhadap nilai X sebagai variabel bebas yang terdiri atas tingkat kematangan buah lemon yang diukur melalui pendekatan penampakan warna kulit buah dengan variasi warna kuning banding hijau 70% : 30%, 80% : 20%, dan 90% : 10%, suhu koagulasi dengan ragam suhu 30 °C, 40°C, dan 50°C, serta konsentrasi penggunaan air lemon sebagai bahan koagulan dengan variasi penggunaan sebesar 5%, 10%, dan 15% pada masing-masing rancangan percobaan formula penelitian.

Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan bahan yang digunakan untuk proses pembuatan keju meliputi susu pasteurisasi, air perasan buah lemon, dan 0,4% NaCl. Proses pembuatan keju dilakukan dengan menggunakan *direct acidification methode* oleh McMahon et al. (2005) yang diperbarui dalam penelitian Sumarmono & Suhartati (2012) yang dimodifikasi. Susu pasteurisasi sebanyak 1500 ml ditempatkan pada *bowl kuvings* ditambahkan bahan koagulan air perasan buah lemon berdasarkan konsentrasi dan tingkat kematangan buah lemon serta ditambahkan 0,4% NaCl komersial kemudian dilakukan pengadukan selama 1 menit dengan menggunakan *mixer mode* kecepatan 1. Kemudian, *bowl kuvings* dimasukkan pada alat *kuvings cheese maker* selama 60 menit dengan penggunaan suhu yang divariasikan. Hasil pemanasan selanjutnya didiamkan dalam *freezer* selama 30 menit kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan *strainer* hingga larutan *whey* terpisahkan dan diperoleh padatan *curd*. *Curd* yang dihasilkan lalu di-*press* dan dimasukkan ke dalam cetakan lalu disimpan dalam *freezer* untuk persiapan analisis.

Parameter penelitian

Sebagaimana total runnings yang dirancang dengan menggunakan metode RSM, hasil dari nilai *response Y* didapat dari proses analisis yang terdiri dari analisis berikut:

1) Pengujian tekstur

Karakteristik tekstur meliputi tingkat kelunakan diukur dengan menggunakan alat *Texture Analyzer TA-TXPlus*. Prosedur pengujian dilakukan mengikuti prosedur berbasis referensi Untoro et al. (2012) dalam penelitian Nugroho et al. (2018) bahwa sampel dipotong berbentuk kubus yang kemudian diatur posisinya tepat di bawah jarum penusuk sampel (*probe cylinder*) berukuran 6 mm atau P/6 dengan *force* 205 gram dengan waktu penusukan 5 detik. Selanjutnya, hasil pengujian akan muncul berupa grafik atau nilai berupa angka yang kemudian dicatat.

2) Pengujian warna

Pengujian dilakukan melalui penggunaan alat *Chromameter CR 300* dengan cara mengukur pantulan warna dari permukaan sampel (Dai et al., 2019; D'Incecco et al., 2020; Ismail et al., 2021). Sampel terlebih dahulu diletakkan dalam wadah cawan transparan yang diberi alas kertas putih. Kemudian, dilakukan pengukuran nilai *L*, *a*, *b* melalui sensor cahaya dengan menekan tombol 'on' pada instrumen. Selanjutnya, nilai akan tampil dilayar.

3) Analisis kadar protein

Kandungan protein dalam produk dianalisis menggunakan metode *Kjedahl* (Horwitz, 2006) penimbangan 250 mg sampel dengan menggunakan timbangan analitik lalu diletakkan dalam labu *Kjedahl*, kemudian ditambahkan sebanyak 250 mg Se dan 3 ml Asam Sulfat (H_2SO_4) pekat. Selanjutnya, selama 1 jam dilakukan proses destruksi hingga diperoleh larutan jernih dan didinginkan terlebih dahulu kemudian ditambahkan 50 ml akuades dan NaOH 40% sebanyak 20 ml untuk dilakukan proses destilasi.

Destilat kemudian ditampung dalam labu *erlenmeyer* yang berisi campuran H_3BO_3 2% sebanyak 10 ml dengan indikator *Brom Cresol Green – Methyl Red* sebanyak 2 tetes sampai diperoleh hasil tampungan berwarna hijau kebiruan, selanjutnya proses destilasi dihentikan dan dilanjutkan titrasi menggunakan HCL 0,1 N hingga terjadi perubahan menuju warna *pink* (merah muda). Perlakuan yang sama juga dilakukan terhadap blanko. Kadar nitrogen total yang dihasilkan kemudian dihitung dengan rumus sebagai berikut,

$$\text{kadar nitrogen (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \text{ HCl} \times 14,007}{W \times 1000} \times 100\%$$

4) Analisis kadar lemak

Analisis ini menggunakan metode ekstraksi *soxhlet* melalui tahapan hidrolisis sampel (Ridgway et al., 2012). Sebanyak 2 g sampel ditimbang kemudian diletakkan pada kapas teap di bagian atas yang dialaskan kertas saring kemudian digulung membentuk *thimble* selanjutnya dipasang ke dalam labu *soxhlet*. Sampel kemudian diekstraksi dengan menggunakan pelarut lemak *heksan* 150 ml selama 6 jam. Hasil ekstraksi kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 1 jam bersuhu 100 °C, didinginkan dalam desikator kemudian dilakukan penimbangan. Selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{kadar lemak } \left(\frac{g}{100g \text{ bahan basah}} \right) = \frac{W_1}{W} \times 100\%$$

5) Analisis kadar air

Kadar air diukur dengan menggunakan alat pengering jenis Oven (Horwitz, 2006), cawan kosong terlebih dahulu dikeringkan pada suhu 105 °C selama 15 menit, didinginkan menggunakan desikator lalu ditimbang. Selanjutnya, sebanyak 1 gram diletakkan pada cawan kosong kering yang dikeringkan pada suhu 105 °C selama 8 jam, didiamkan menggunakan desikator lalu dilakukan penimbangan sampai berat konstan. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{\text{bobot sampel kering}}{\text{bobot sampel awal}} \times 100\%$$

6) Uji rendemen

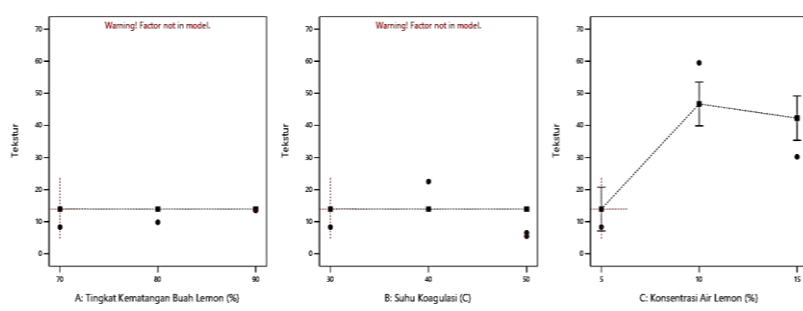
Menurut Feng et al. (2021) dan Gerber et al. (2021) dihitung berdasarkan massa *curd* yang dihasilkan tiap 1500 ml/g susu pasteurisasi, rendemen dihitung dalam rumus:

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{bobot curd (g)}}{\text{bobot susu (g)}} \times 100\%$$

Hasil dan pembahasan

Tekstur keju lunak

Hasil analisis tekstur keju lunak menunjukkan bahwa model yang signifikan pada penelitian ini ialah variabel konsentrasi air lemon dengan hasil validasi analisis ragam bahwa nilai *F-value* yakni 14,56 dengan nilai *p-value* <0,0001 berpengaruh nyata terhadap sifat fisik tekstur keju lunak sedangkan variabel tingkat kematangan buah lemon dan suhu koagulasi tidak berpengaruh nyata dilihat dari model yang tidak signifikan (lihat Gambar 1). Hasil tersebut selaras dengan hasil perhitungan rendemen di mana variabel konsentrasi air lemon dinyatakan berpengaruh signifikan.



Gambar 1. Model Grafik Hasil Analisis Tekstur

Brighenti et al. (2018) dan Ong et al. (2020) menyatakan bahwa sifat tekstur keju terpengaruh oleh beberapa komponen meliputi kadar air, kadar lemak, kadar protein dan nilai pH. Penggunaan bahan pengasam kurang atau berlebih dapat menyebabkan *curd* yang dihasilkan cenderung bertekstur halus sehingga pada saat pemotongan akan banyak komponen protein dan lemak yang terbawa larut bersama *whey* selama proses penyaringan (Fox et al., 2017). Pendapat tersebut menunjukkan bahwa ketiga variabel

yang tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar protein, kadar lemak dan kadar air bisa dibuktikan dengan adanya faktor lain pada sifat tekstur keju lunak yang dihasilkan di mana kekuatan *curd* mampu mempengaruhi komponen protein dan lemak yang dapat terbawa saat proses pemisahan *whey*.

Proses koagulasi dipengaruhi oleh tingkat keasaman yang berlangsung selama proses pembentukan *curd* bahwa keasaman yang lebih tinggi mengakibatkan terlepasnya air dalam keju dan meningkatkan rendemen *curd* yang dihasilkan namun pembentukan tekstur *curd* dipengaruhi oleh kekuatan koagulan (bahan pengasam) dari kesempurnaan proses koagulasi yang berlangsung. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wardhani et al. (2018) membuktikan bahwa tekstur *curd* yang dihasilkan dengan menggunakan koagulan asam bersifat cenderung lunak mudah pecah.

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah padatan yang terdapat pada keju lunak bukan satu-satunya faktor penentu sifat tekstur namun menentukan tingkat kepadatan tekstur keju lunak. Tekstur keju lunak dipengaruhi oleh kadar air, kadar lemak dan kadar protein di mana kadar air maksimal pada keju lunak yaitu 80%. Sedangkan, kadar lemak membantu pembentukan keju sehingga semakin tinggi kadar lemak terkandung akan menghasilkan keju dengan karakteristik lunak dan kadar protein mempengaruhi tingkat kepadatan keju. Oleh karena itu, perbandingan antara kadar protein dan kadar lemak yang terkandung sangat mempengaruhi sifat tekstur keju lunak dan daya tahan keju lunak terhadap gaya tusukan yang diberikan oleh *probe* menghasilkan nilai tekstur yang beragam.

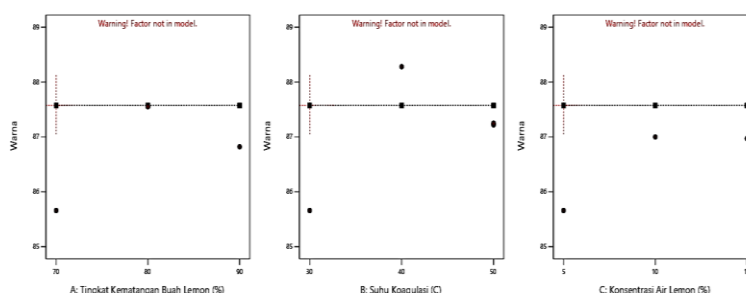
Tabel 1. Data nilai tekstur keju lunak dalam % berdasarkan suhu koagulasi, ragam tingkat kematangan buah lemon dan Konsentrasi Koagulan

Suhu Koagulasi (°C)	Tingkat kematangan buah lemon			Konsentrasi Koagulan
	70%:30%	80%:20%	90%:10%	
30	8,30	9,83	13,53	5%
40	22,50	11,42	42,40	
50	6,00		8,07	
30	59,50	50,80	30,57	10%
40		53,40	56,90	
50	50,33	39,90	35,27	
30	30,17	65,10		15%
40	14,37	61,63	50,70	
50	26,77	47,67	33,17	

Variasi Warna Kulit Buah 70% Kuning dan 30% Hijau, 80% Kuning dan 20% Hijau serta 90% Kuning dan 10% Hijau

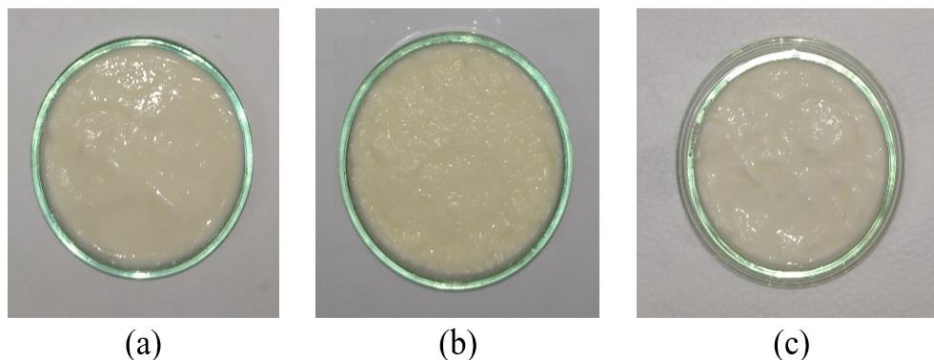
Warna keju lunak

Berdasarkan hasil pengujian warna ditunjukkan pada Gambar 2 bahwa ketiga variabel yang diujikan pada penelitian ini menghasilkan model yang tidak signifikan. Hasil tersebut menunjukkan terhadap warna yang dihasilkan bahwa ketiga variabel tidak berpengaruh nyata. Hal ini seperti terlihat pada Tabel 8, bahwa penampakan warna cenderung pada rentang warna yang sama dengan nilai *L masing-masing rancangan formulasi. Hasil pengujian warna tidak dipengaruhi oleh ketiga variabel dengan hasil data *Lack of Fit* bernilai *F-value* 1,68 dan *P-value* 0,2963.



Gambar 2. Model Grafik Hasil Analisis Warna

Hasil pengujian warna yang nilai *L terendah yakni 84,28 pada perlakuan tingkat kematangan buah lemon 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau, suhu koagulasi 40 °C, konsentrasi air lemon 5%. Sedangkan, nilai *L tertinggi adalah 88,93 pada formulasi tingkat kematangan buah lemon 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau, suhu koagulasi 40 °C dan konsentrasi air lemon 15%. Dari nilai *L yang terlihat pada tabel kita bisa mengetahui bahwa setiap *running design formula* yang diujikan masing-masing memiliki skor pada rentang yang sama sehingga tidak teridentifikasi perbedaan yang signifikan terlihat pada Gambar 3 bahwa warna yang dihasilkan cenderung memiliki kemiripan.



Gambar 3. Formulasi tingkat kematangan buah lemon 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau dengan masing-masing perlakuan (a) suhu koagulasi 30 °C dan konsentrasi air lemon 5%, (b) suhu koagulasi 50 °C dan konsentrasi air lemon 10%, dan (c) suhu koagulasi 40 °C dan konsentrasi air lemon 15% pada pengujian warna dengan menggunakan alat Chromamater CR 300

Jiang et al. (2010) menyatakan bahwa baku pembuatan keju yaitu susu yang digunakan dapat mempengaruhi warna. Pada umumnya, warna putih kekuningan atau kebiruan pada susu dipengaruhi oleh jenis bangsa sapi, pakan yang diberikan, komponen lemak yang terkandung serta jumlah padatan terkandung lainnya dalam susu. Warna putih pada susu cenderung dipengaruhi penyebaran butiran-butiran koloid lemak, komponen kalsium kaseinat, dan kalsium fosfat yang terkandung sedangkan warna kuning susu dipengaruhi kandungan karoten dan riboflavin. Menurut SNI 01-3951-1995 bahwa warna susu pasteurisasi memiliki karakteristik yang khas bahwa warna putih pada susu dipengaruhi oleh jenis hewan hingga padatan yang terdapat dalam susu (Badan Standardisasi Nasional Republik Indonesia, 1995).

Berdasarkan hasil analisis yang menyatakan bahwa dari ketiga variabel tidak diperoleh model yang signifikan terhadap warna keju lunak maka selaras dengan hasil analisis sifat kimia yang meliputi kadar lemak dan kadar protein bahwa ketiga variabel juga tidak berpengaruh nyata atau tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Tabel 2 menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan memiliki karakteristik yang khas dengan kriteria *L yang tertera berada pada rentang nilai kisaran 84,28 – 88,93.

Tabel 2. Data Nilai *L atau *light* dari uji warna berdasarkan ragam tingkat kematangan buah lemon.

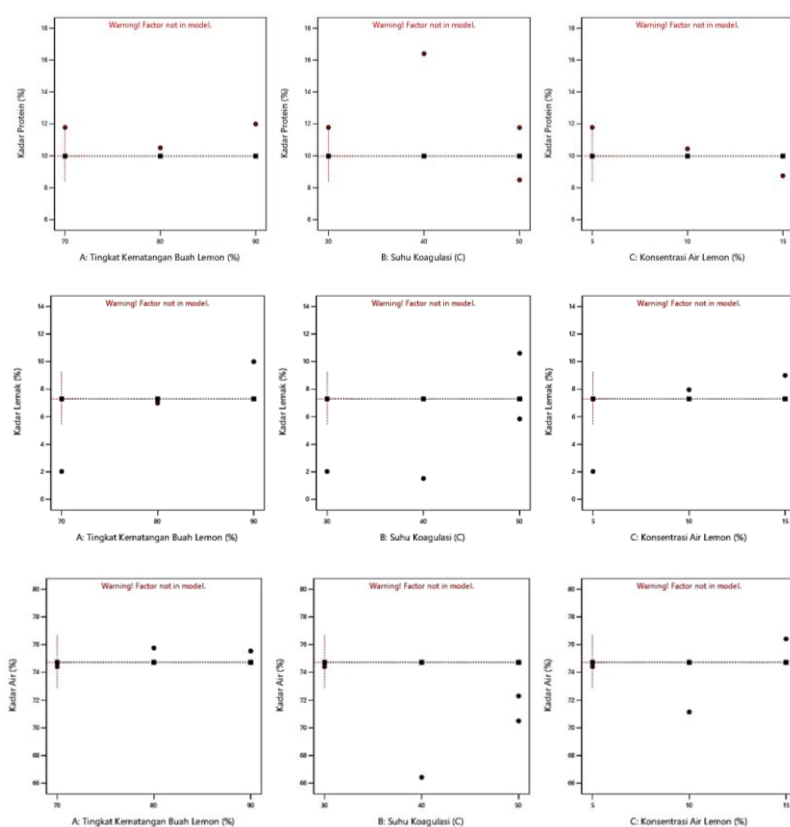
Suhu Koagulasi (°C)	Tingkat kematangan buah lemon			Konsentrasi Koagulan
	70%:30%	80%:20%	90%:10%	
30	85,66	87,55	86,82	5%
40	84,28	87,42	88,88	
50	87,24		86,66	
30	87,00	88,29	88,26	10%
40		88,41	87,82	
50	87,64	88,04	88,18	
30	86,97	87,23		15%
40	88,93	87,36	87,14	
50	87,28	87,79	87,33	

Warna kulit buah 70% kuning dan 30% hijau, 80% kuning dan 20% hijau serta 90% kuning dan 10% hijau

Kadar protein, kadar lemak, dan kadar air

Ketiga variabel pada penelitian ini menghasilkan model yang tidak signifikan terhadap hasil analisis kadar protein, kadar lemak dan kadar air seperti yang terlihat pada Gambar 4 bahwa di antara variabel tingkat kematangan buah lemon, variabel suhu koagulasi dan variabel konsentrasi air lemon terhadap kadar protein, kadar lemak dan kadar air diperoleh hasil yang tidak berpengaruh nyata.

Hasil analisis kadar protein, kadar lemak dan kadar air yang tidak berpengaruh nyata memungkinkan adanya variabel lain yang berperan selain tingkat kematangan buah lemon, suhu koagulasi maupun konsentrasi air lemon yang tidak diteliti yakni komposisi penyusun susu. (Yuliana et al., 2021). Hal tersebut selaras dengan hasil analisis warna yang dapat dipengaruhi oleh bahan baku pembuatan keju yakni susu.



Gambar 4. Model grafik RSM berdasarkan hasil analisis kadar protein, kadar lemak, dan kadar air keju lunak

Jika dilihat dari Tabel 3 terlihat bahwa kadar protein tertinggi ialah 16,40% pada tingkat kematangan buah lemon pada 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau, suhu koagulasi 40 °C dan konsentrasi air lemon sebesar 5%. Sedangkan, kadar protein terendah ialah 7,22% pada tingkat kematangan buah lemon pada 90% berwarna kuning dan 10% berwarna hijau, suhu koagulasi 40 °C dan konsentrasi air lemon sebesar 5%. Perbedaan perlakuan dari masing-masing berada pada tingkat kematangan buah lemon 70% dan 90%. Hasil pengujian kadar protein terbukti tidak dipengaruhi oleh ketiga variabel juga terlihat dari besaran kadar yang terkandung pada setiap rancangan formulasi menunjukkan adanya perbedaan yang tidak signifikan dengan hasil analisis ragam terhadap kadar protein menunjukkan hasil yang tidak signifikan berdasarkan nilai *Lack of Fit test* dengan nilai *F-value* 0,9329 dan *P-value* 0,5985.

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar lemak juga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan kadar lemak tertinggi ialah 10,00% pada tingkat kematangan buah lemon pada 90% berwarna kuning dan 10% berwarna hijau, suhu koagulasi 30 °C dan konsentrasi air lemon sebesar 5%. Sedangkan, kadar lemak terendah ialah 1,52% pada tingkat kematangan buah lemon pada 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau, suhu koagulasi 40 °C dan konsentrasi air lemon sebesar 5%.

Tabel 3. Data kadar protein keju lunak dalam % berdasarkan ragam tingkat kematangan buah lemon

Suhu Koagulasi (°C)	Tingkat kematangan buah lemon			Konsentrasi Koagulan
	70%:30%	80%:20%	90%:10%	
30	11,78	10,50	11,99	5%
40	16,40	9,58	7,22	
50	10,13		11,94	
30	10,44	10,38	8,37	10%
40		10,43	9,98	
50	9,59	9,62	9,90	
30	8,75	9,14		15%
40	7,47	12,31	8,84	
50	8,18	9,53	9,36	

Variasi warna kulit buah 70% kuning dan 30% hijau, 80% kuning dan 20% hijau serta 90% kuning dan 10% hijau

Hasil pengujian kadar lemak yang terbukti tidak dipengaruhi oleh ketiga variabel juga terlihat dari besaran kadar yang terkandung pada setiap rancangan formulasi menunjukkan adanya perbedaan yang tidak signifikan dengan hasil analisis ragam terhadap kadar lemak menunjukkan hasil yang tidak signifikan dari data *Lack of Fit* bahwa dihasilkan *F-value* 2,08 dan *P-value* 0,2130.

Tabel 4. Data kadar lemak keju lunak dalam % berdasarkan ragam tingkat kematangan buah lemon

Suhu Koagulasi (°C)	Tingkat kematangan buah lemon			Konsentrasi Koagulan
	70%:30%	80%:20%	90%:10%	
30	2,03	6,99	10,00	5%
40	1,52	4,36	6,18	
50	8,22		2,17	
30	7,96	9,83	9,05	10%
40		12,91	8,22	
50	7,18	8,37	8,30	
30	9,00	9,46		15%
40	2,65	7,68	7,08	
50	9,09	8,70	9,42	

Warna kulit buah 70% kuning dan 30% hijau, 80% kuning dan 20% hijau serta 90% kuning dan 10% hijau

Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar air tertinggi ialah 79,56% pada tingkat kematangan buah lemon pada 90% berwarna kuning dan 10% berwarna hijau, suhu koagulasi 40°C dan konsentrasi air lemon sebesar 5%. Sedangkan kadar air terendah ialah 1,52% pada tingkat kematangan buah lemon pada 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau, suhu koagulasi 30°C dan konsentrasi air lemon sebesar 10%. Hasil pengujian kadar air yang terkandung pada setiap rancangan formulasi menunjukkan adanya perbedaan yang tidak signifikan dengan hasil analisis ragam terhadap kadar lemak menunjukkan hasil yang tidak signifikan dari pengujian *Lack of Fit* yang bernilai *F-value* 0,5774 dan *P-value* 0,8327.

Tabel 5. Data kadar air keju lunak dalam % berdasarkan ragam tingkat kematangan buah lemon

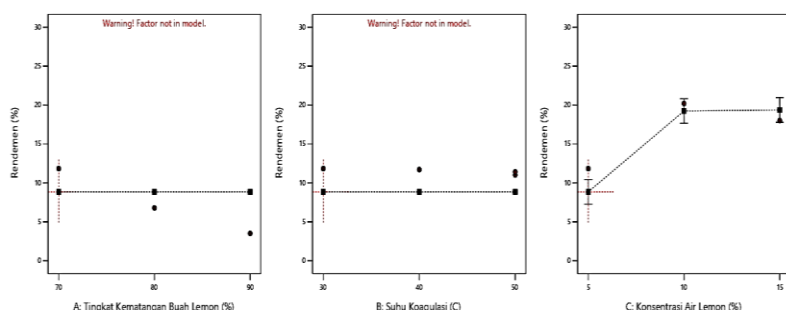
Suhu Koagulasi (°C)	Tingkat kematangan buah lemon			Konsentrasi Koagulan
	70%:30%	80%:20%	90%:10%	
30	74,41	75,76	75,54	5%
40	66,43	74,04	79,56	
50	71,40		75,07	
30	71,14	71,71	76,33	10%
40		72,38	75,04	
50	76,29	74,32	75,88	
30	76,41	75,65		15%
40	78,51	74,88	75,96	
50	76,73	74,41	77,17	

Warna kulit buah 70% kuning dan 30% hijau, 80% kuning dan 20% hijau serta 90% kuning dan 10% hijau

Rendemen

Penggunaan ragam konsentrasi air lemon berpengaruh nyata terhadap jumlah rendemen yang dihasilkan bahwa kedua variabel tidak berpengaruh nyata dilihat dari hasil validasi analisis ragam bahwa nilai *F-value* pada variabel C yakni 31,35 dengan nilai *p-value* <0,0001 namun berdasarkan data *Lack of Fit* bahwa hasil yang tidak signifikan dengan diperolehnya nilai *F-value* 0,6019 dan *P-value* 0,8122. Hal tersebut menunjukkan bahwa ragam konsentrasi yang digunakan memiliki pengaruh terhadap hasil rendemen yang diperoleh selama berlangsungnya proses koagulasi namun ragam suhu koagulasi dan tingkat kematangan buah tidak mempengaruhi jumlah rendemen yang dihasilkan serta sifat kimia yang dilihat dari hasil analisis kadar protein (Tabel 3), kadar lemak (Tabel 4) dan kadar air (

Tabel 5) dari masing-masing rancangan formulasi yang dilakukan. (Walstra, 1999) menyatakan bahwa rendemen keju dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya ialah konsentrasi koagulan, suhu dan pH. Persentase rendemen keju lunak terlihat pada Tabel 6.



Gambar 5. Model Grafik Hasil Analisis Rendemen

Tabel 6. Data Hasil Perhitungan Rendemen dalam % Berdasarkan Ragam Tingkat Kematangan Buah Lemon dengan Variasi Warna Kulit Buah 70% Kuning dan 30% Hijau, 80% Kuning dan 20% Hijau serta 90% Kuning dan 10% Hijau

Suhu Koagulasi (°C)	Tingkat kematangan buah lemon			Konsentrasi Koagulan
	70%:30%	80%:20%	90%:10%	
30	11,84	6,79	3,51	5%
40	11,71	7,73	5,79	
50	11,22		10,97	
30	20,20	21,69	17,73	10%
40		22,48	19,14	
50	14,35	21,40	19,63	
30	18,01	18,10		15%
40	21,12	25,68	19,17	
50	16,28	18,80	18,03	

Hasil optimasi response surface methodology

Berdasarkan hasil analisa menggunakan metode RSM diperoleh solusi optimasi pada Tabel 7 di mana tingkat kematangan buah lemon yang disarankan berada pada variasi tingkat kematangan dengan karakteristik buah dengan 70% berwarna kuning dan 30% berwarna hijau serta penggunaan suhu koagulasi pada 30 °C dengan variasi konsentrasi air lemon pada 10, 15, dan 5%. Hal ini dirancang dari rentang tingkat kematangan buah lemon, suhu koagulasi dan konsentrasi bahan koagulan yang didasari pada perhitungan total kadar protein dan kadar lemak maksimum, kadar air minimum, nilai *L pengujian warna maksimum serta total rendemen maksimum yang bisa diperoleh.

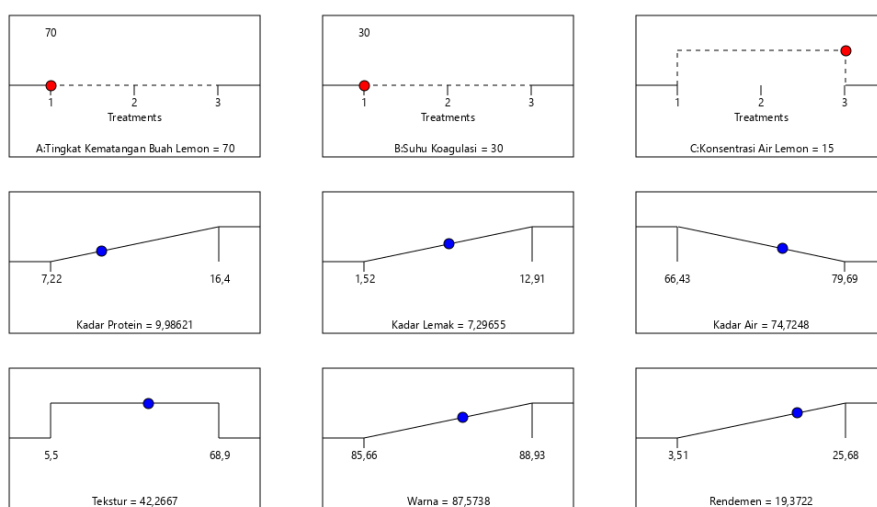
Hasil tersebut sesuai dengan hasil grafik yang diperoleh pada analisis rendemen dan analisis tekstur di mana model grafik yang dihasilkan signifikan dibandingkan dengan variabel suhu koagulasi dan tingkat

kematangan buah lemon sehingga perlu dilihat lebih lanjut pengaruh ragam konsentrasi air lemon yang digunakan pada penelitian ini

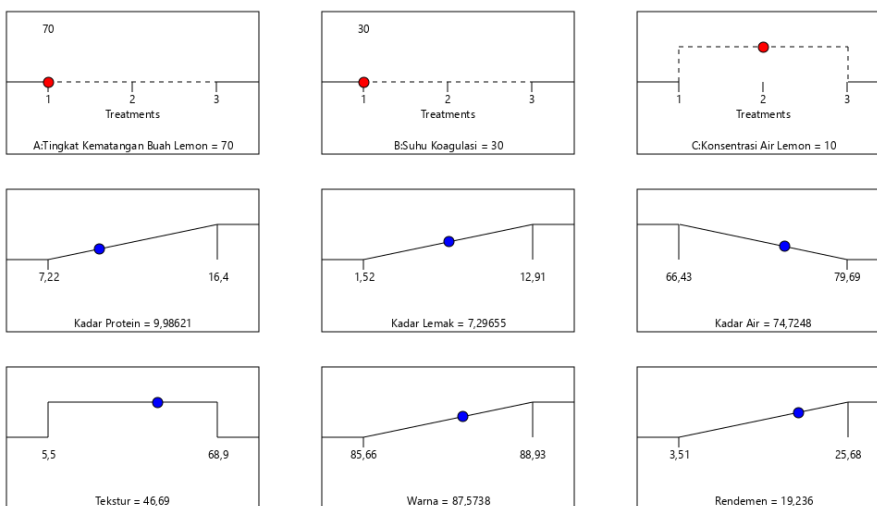
Tabel 7 Solusi Optimasi dari Metode RSM

Solusi optimasi	Tingkat kematangan buah lemon	Suhu koagulasi	Konsentrasi air lemon
1	70%:30%	30 °C	15%
2	70%:30%	30 °C	10%
3	70%:30%	30 °C	5%

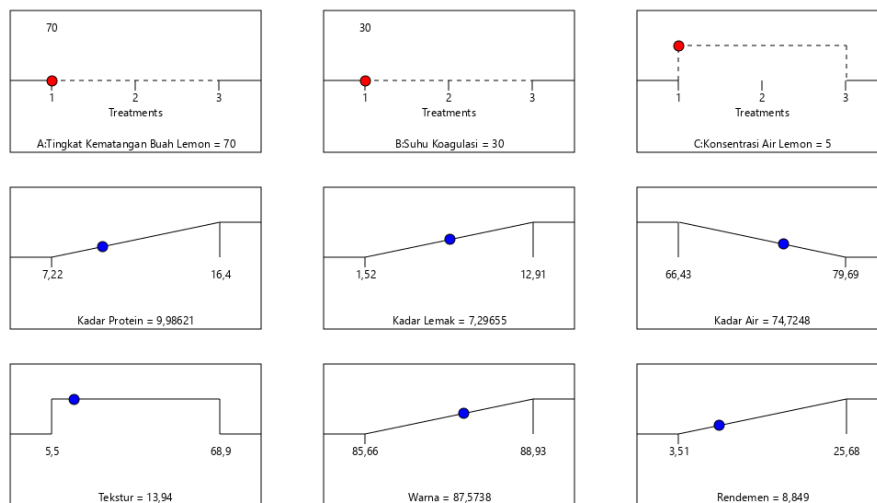
Sedangkan, ragam suhu koagulasi dan tingkat kematangan buah lemon cenderung tidak mempengaruhi proses koagulasi sehingga hasil solusi optimasi menunjukkan perlu adanya konfirmasi pada ragam konsentrasi air lemon yang digunakan untuk mendapatkan formula optimal dari rancangan percobaan yang telah dilakukan. Grafik dari solusi optimasi 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



Gambar 6. Grafik Solusi Optimasi 1



Gambar 7. Grafik Solusi Optimasi 2



Gambar 8. Grafik Solusi Optimasi 3

Berdasarkan solusi dari Tabel 7 setelah dilakukan validasi diperoleh data grafik dengan nilai *desirability* masing-masing optimasi adalah 0,474 pada solusi 1, solusi 2 dengan nilai 0,473 dan 0,381 pada solusi 3. Hal ini menunjukkan bahwa solusi 1 dengan nilai *desirability* tertinggi terpilih sebagai formula optimum yang dirancang untuk menghasilkan keju lunak yang diinginkan (Jumare et al., 2019). Hal tersebut menyimpulkan bahwa formulasi yang optimum dapat digunakan untuk menghasilkan produk keju lunak adalah berada pada konsentrasi bahan koagulan sebesar 15% dengan tingkat kematangan buah lemon yang disarankan berada pada buah lemon dengan karakteristik warna kuning pada buah sebesar 70% dengan warna hijau 30% cukup optimum untuk keberlangsungan proses koagulasi di titik suhu 30 °C.

Kesimpulan

Hasil dari optimasi formula RSM pada proses pengasaman langsung menunjukkan bahwa variasi tingkat kematangan buah lemon dan ragam variasi suhu tidak berpengaruh nyata terhadap karakteristik produk keju lunak. Perbedaan yang signifikan terlihat dari adanya beragam konsentrasi air perasan buah lemon yang digunakan sebagai koagulan terhadap jumlah rendemen yang diperoleh dan sifat tekstur keju lunak. Air perasan buah lemon memiliki kemampuan sebagai bahan koagulan yang dapat menurunkan pH susu mencapai titik isoelektrik sehingga mampu memisahkan bagian *curd*.

Daftar pustaka

- Alhelli, A. M., Mohammed, N. K., Khalil, E. S., & Hussin, A. S. M. (2021). Optimizing the acceleration of cheddar cheese ripening using response surface methodology by microbial protease without altering its quality features. *AMB Express*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01205-9>
- Asmaq, N., & Lubis, N. (2019). Kualitas gizi keju mozarella dengan penambahan koagulan yang berbeda. *Journal of Animal Science and Agronomy Panca Budi*, 4(2), 4–7.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2016 Tentang Kategori Pangan (2016).
- Badan Standardisasi Nasional Republik Indonesia, SNI 01-3951-1995 Tentang Susu Pasteurisasi (1995).
- Behera, S. K., Meena, H., Chakraborty, S., & Meikap, B. C. (2018). Application of response surface methodology (RSM) for optimization of leaching parameters for ash reduction from low-grade coal. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28(4), 621–629. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.04.014>
- Breig, S. J. M., & Luti, K. J. K. (2021). Response surface methodology: A review on its applications and challenges in microbial cultures. *3rd International Conference on Materials Engineering & Science*, 42, 2277–2284. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.316>

- Brighenti, M., Govindasamy-Lucey, S., Jaeggi, J. J., Johnson, M. E., & Lucey, J. A. (2018). Effects of processing conditions on the texture and rheological properties of model acid gels and cream cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 6762–6775. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14391>
- Chairunnisa, T., Irbah, N., Zanjabila Irsan, A., Indah Tri Dewi, S., Nahdly Purba, P., Octavia Sitinjak, L., Ramadhani, F., Efendi, B., Arazilla, A. T., & Rahayu, A. (2021). Klaim gizi rendah lemak pada berbagai jenis keju : literature review nutrition claim of low fat in different types of cheese: literature review. *Jurnal Andaliman: Jurnal Gizi Pangan, Klinik Dan Masyarakat*, 1(1), 1–12.
- Chakraborty, P., Shivhare, U. S., & Basu, S. (2021). Effect of milk composition on sensory attributes and instrumental properties of indian cottage cheese (Chhana). *NFS Journal*, 23, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.02.002>
- Dai, S., Jiang, F., Shah, N. P., & Corke, H. (2019). Functional and pizza bake properties of mozzarella cheese made with konjac glucomannan as a fat replacer. *Food Hydrocolloids*, 92, 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.045>
- D'Incecco, P., Limbo, S., Hogenboom, J., Rosi, V., Gobbi, S., & Pellegrino, L. (2020). Impact of extending hard-cheese ripening: a multiparameter characterization of parmigiano reggiano cheese ripened up to 50 months. *Foods*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/foods9030268>
- Fachraniah, Rihayat, T., Zaini, H., Nita, D., & Fazil, M. (2019). Papain enzyme and lemon as coagulants in cottage cheese. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012103>
- Farkye, N. Y. (2017). Acid-heat coagulated cheeses. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Fourth Edition* (Vol. 1, pp. 1111–1115). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00044-2>
- Feng, R., Lillevang, S. K., & Ahrné, L. (2021). Effect of water temperature and time during heating on mass loss and rheology of cheese curds. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112881>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogann, T. M., & Mcsweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of cheese science second edition*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>
- Gerber, Y., Oshchepkova, E., Gavrilov, A., & Ermolin, D. (2021). Improvement of curd mass production technology. *E3S Web of Conferences*, 284. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128402014>
- Horwitz, William. (2006). *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Ismail, S. N., Latip, M. S. A., & Mohamad, M. A. (2021). Production and characterisation of cheddar cheese-like from Cocos Nucifera L. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1176(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1176/1/012044>
- Jiang, B., Ni, L., & Buckle, K. (2010). Food for health and wellbeing: 14th world congress of food science and technology. In *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(8), 1283–1284. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3996>
- Jumare, A. I., Abou-El-Hossein, K., Abdulkadir, L. N., & Liman, M. M. (2019). Predictive modeling and multiobjective optimization of diamond turning process of single-crystal silicon using RSM and desirability function approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(9–12), 4205–4220. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03816-w>
- Kern, C., Stefan, T., & Hinrichs, J. (2019). Multiple linear regression modeling: prediction of cheese curd dry matter during curd treatment. *Food Research International*, 121, 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.061>
- Lestari, D., Yurliasni, & Dzarnisa. (2020). Kualitas whey keju yang dihasilkan berbeda dengan teknik yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 5(1), 265–271. www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- McMahon, D. J., Paulson, B., & Oberg, C. J. (2005). Influence of calcium, pH, and moisture on protein matrix structure and functionality in direct-acidified nonfat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 88(11), 3754–3763. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73061-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73061-7)
- Nugroho, P., Dwiloka, & Rizqianti, H. (2018). Rendemen, nilai pH, tekstur, dan aktivitas antioksidan keju segar dengan bahan pengasam ekstrak bunga rosella ungu (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(1), 33–39.
- Ong, L., Pax, A. P., Ong, A., Vongsivut, J., Tobin, M. J., Kentish, S. E., & Gras, S. L. (2020). The effect of pH on the fat and protein within cream cheese and their influence on textural and rheological properties. *Food Chemistry*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127327>

- Patahanny, T., Hendrawati, A. L., & Nurlaili. (2019). Pembuatan keju mozzarella dengan enzim papain dan ekstrak jeruk nipis mozzarella cheese making with enzyme papain and lime juice. *Jurnal Agriekstensi*, 18(2).
- Priadi, G., Setiyoningrum, F., Afiati, F., & Syarief, R. (2018). Pemanfaatan modified cassava flour dan tepung tapioka sebagai bahan pengisi keju cedar olahan. *Jurnal Litbang Industri*, 8(2), 67–76. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24960/jli.v8i2.4050.67-76>
- Rehman, F. U., Kalsoom, M., Iqbal, R., Zulfiqar, A., Zubair, I., Ashiq, A., Fizza, F., Shahzadi, L., & Arooj, P. (2020). Biological activities of lemon. *Open Access Journal of Biogeneric Science and Research*, 4(4). <https://doi.org/10.46718/jbgsr.2020.04.000104>
- Ridgway, K., Smith, R. M., & Lalljie, S. P. D. (2012). Sample preparation for food contaminant analysis. In *Comprehensive Sampling and Sample Preparation* (Vol. 3). Elsevier.
- Sulistyo, B., Chairunnisa, H., & Wulandari, E. (2018). Pengaruh penggunaan kombinasi enzim papain dan jus lemon sebagai koagulan terhadap kadar air, berat rendemen, dan nilai kesukaan fresh cheese. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 18(1), 8–15. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i1.15299>
- Sumarmono, J., & Suhartati, F. M. (2012). Yield dan komposisi keju lunak (soft cheese) dari susu sapi yang dibuat dengan teknik direct acidification menggunakan ekstrak buah lokal. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(3), 65–68.
- Thybo, C. D., Lillevang, S. K., Skibsted, L. H., & Ahrné, L. (2020). Calcium balance during direct acidification of milk for mozzarella cheese production. *LWT - Food Science and Technology*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109677>
- Torres-Frenzel, P., DeMarsh, T. A., & Alcaine, S. D. (2021). Investigation of the surface-application of lactose oxidase to fresh mozzarella cheese as a potential means of inhibiting blue discoloration. *Food Control*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108289>
- Untoro, N. S., Kusrahayu, & Setiani, B. E. (2012). Kadar air, kekenyalan, kadar lemak dan citarasa bakso daging sapi dengan penambahan ikan bandeng presto (*channos channos* forsk). *Animal Agriculture Journal*, 1(1), 567–583. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/aaj/article/view/758>
- Walstra, P. (1999). *Dairy technology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780824746414>
- Wardhani, D. H., Jos, B., Abdullah, A., Suherman, S., & Cahyono, H. (2018). Effect of coagulants in curd forming in cheese making. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(2), 209–216. <https://doi.org/10.23955/rkl.v13i2.12157>
- Yuliana, N., Indrawan, I., Wirawati, C. U., & Sumardi. (2021). Evaluasi mutu susu segar dari peternak berbeda di provinsi Lampung sebagai bahan baku keju. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 26(2), 109–114.