

PENGUNAAN *MIXTURE DESIGN* DALAM FORMULASI KUKIS BEBAS GLUTEN DARI PATI SAGU, PASTA UBI JALAR DAN KACANG HIJAU

Use of Mixture Design on Gluten-Free Cookies Formulation from Sago Starch, Sweet Potatoes and Mung Bean Paste

Winda Haliza dan Endang Y Purwani

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor. - Indonesia
Telp. (0251) 8321762, Fax. (0251) 8321762
E-mail: windahaliza@pertanian.go.id

(Makalah diterima, 30 Juli 2020 – Disetujui, 03 Juni 2022)

ABSTRAK

Tepung sagu, ubi jalar dan pasta kacang hijau dicampur untuk menyiapkan kukis bebas gluten. Centroid simpleks 10 titik digunakan untuk menyelidiki pengaruh variasi dan rasio pati sagu, ubi jalar dan pasta kacang hijau pada sifat fisik-kimia, dan sifat sensoris kue. Model regresi dikembangkan untuk memprediksi respons sifat-kimia dan sensori untuk menghasilkan formula kukis bebas gluten yang optimal. Formula kukis optimal diperoleh dari campuran berikut: 79,52% pati sagu, 3,92% pasta ubi jalar, dan 16,56% pasta kacang hijau. Sifat sensorik dari kukis bebas gluten diterima dengan baik oleh panelis. Komposisi kimia dari kue kering sebanding dengan komposisi produk biskuit sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2973-1992).

Kata kunci: kukis bebas gluten, desain campuran

ABSTRACT

Sago starch, sweet potato, and mung bean paste were blended to prepare gluten-free cookies. A 10-point simplex centroid was used to investigate the effect of varying the ratios of sago starch, sweet potato, and mung bean paste on the physical-chemical, and sensory properties of cookies. Regression models were developed to predict the responses of all parameters to produce optimum gluten-free cookies formula. The optimum cookies formula was obtained from the following mixture: 79,52% of sago starch, 3,92% of sweet potato paste, and 16,56% of mung bean paste, respectively. The sensory properties of the gluten-free cookies were well accepted by the panelists. The chemical compositions of the cookies were comparable with the composition of biscuit products according to the Indonesia National Standard (SNI 01-2973-1992).

Key words: gluten-free cookies, mixture design

PENDAHULUAN

Gluten merupakan komponen protein penting pada beberapa sereal, salah satunya adalah terigu. Komponen ini adalah penentu utama terhadap karakteristik produk olahan bakery. Gluten dapat membentuk sistem viskoelastik yang mempengaruhi perilaku reologi adonan (Rosell *et al.*, 2014).

Pada penderita penyakit tertentu (*celiac disease*) mengharuskan pembatasan dalam konsumsi makanan yang mengandung gluten (Sciarini *et al.*, 2012). Hal ini tentunya menjadi tantangan bagi para peneliti dan *bakers* dalam menyusun formula produk bakery bebas gluten. Dari beberapa kajian literatur telah membahas dan menciptakan produk inovatif tentang produk bakery bebas gluten. Hal ini merefleksikan kepedulian dan perhatian terhadap masyarakat yang membutuhkan produk bebas gluten, guna mengatasi masalah *celiac disease*, intoleransi dan alergi terhadap gluten.

Karena gluten mempengaruhi reologi adonan maka ketiadaan gluten menyebabkan adonan sulit untuk kalis dan menyebabkan penurunan kualitas tekstur dan warna produk setelah pemanggangan (Zhu *et al.*, 2007). Dalam beberapa tahun terakhir para peneliti dan *bakers* yang berkecimpung dalam penelitian produk-produk bebas gluten, melakukan pendekatan dengan memanfaatkan pati (Witczak *et al.*, 2016), produk susu (*dairy products*), gum dan hidrokoloid (Lazaridou *et al.*, 2007), serta protein non-gluten lainnya (Marco & Rosell, 2008), atau prebiotik (Witczak *et al.*, 2012) sebagai alternatif pengganti gluten untuk memperbaiki struktur, *mouthfeel*, penerimaan dan umur simpan dari produk - produk bebas gluten (Gallagher, 2008).

Salah satu produk bakery, seperti biskuit atau kukis tidak terlalu membutuhkan tepung berkadar protein tinggi atau gluten tinggi dalam pembuatannya seperti halnya roti dan mi. Sehingga dalam pembuatannya, penggunaan terigu dapat disubsitusi atau diganti dengan pati atau jenis tepung lain seperti tepung umbi-umbian dan kacang-kacangan. Sagu, ubi jalar dan kacang hijau merupakan bahan pangan lokal unggulan Indonesia yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku kukis bebas gluten. Masing-masing bahan tersebut memiliki keunggulan dalam kandungan gizinya, seperti sagu kaya karbohidrat, ubi jalar kaya karbohidrat dan vitamin serta kacang hijau kaya protein dan mineral (Guerrieri & Cavaletto, 2017). Selain itu, kacang hijau memiliki daya cerna sangat tinggi sehingga baik untuk dijadikan bahan makanan bayi dan anak balita yang sistem pencernaannya belum sempurna (Zucco *et al.*, 2011). Ketiga bahan tersebut tidak memiliki gluten (*gluten-free*) dengan formulasi ketiga bahan tersebut akan menghasilkan produk pangan olahan kukis dengan kualitas gizi yang lebih baik daripada kukis yang terdiri atas satu jenis tepung saja.

Design Expert 7.0 merupakan perangkat lunak yang menyediakan rancangan percobaan (*design of experiment*) untuk melakukan optimasi rancangan produk dan proses. Program komputer ini memberikan beberapa rancangan produk dan proses. Program komputer ini memberikan beberapa rancangan statistik yang digunakan di dalam proses optimasi seperti *Factorial design*, *Response surface*, *Mixture design*, *Combined design* (*combine process variables, mixture components, and categorical factors*). Penggunaan metode *mixture design* dalam formulasi bahan baku bertujuan untuk memprediksi formula kukis bebas gluten terbaik. *Mixture design* adalah teknik statistika yang secara sistematis berguna untuk menetapkan pengaruh multi variabel pada suatu adonan (formula) terhadap atribut mutu, dimana jumlah unit percobaan (perlakuan) dapat diminimalkan (Cornell, 1990). Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan formula kukis bebas gluten yang dibuat dari campuran pati sagu, pasta ubi jalar dan kacang hijau menggunakan metode *mixture design* diikuti dengan kajian sifat fisik, kimia dan sensori kukis dengan merujuk SNI 01-2973-1992 tentang biskuit dan produk sejenis.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan dan Laboratorium Kimia Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor, pada 20 Januari 2020 sampai 30 Juni 2020.

Bahan dan Alat

Pati sagu dibeli dari pengrajin pati sagu di Sukabumi. Ubi jalar dan kacang hijau dibeli dari pasar Anyar, Bogor. Bahan-bahan lain untuk kukis seperti gula, telur, margarin, dan *baking powder* juga dibeli dari pasar Anyar, Bogor. Seluruh bahan kimia untuk keperluan analisis adalah pro-analitik diperoleh dari Merck dan Sigma Co. dan disediakan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor.

Alat yang digunakan *oven*, *mixer*, *roller*, *spatula*, pencetak kue berbentuk lingkaran, neraca analitik, timbangan, *food processor* (National, Model Supra, Seri 023S), pengayak 100 mesh, *texture analyzer* (Brookfield QTS 25 Texture Analyzer), plastik ukuran 1 kg, toples kue serta alat-alat gelas untuk analisis.

Desain Perlakuan

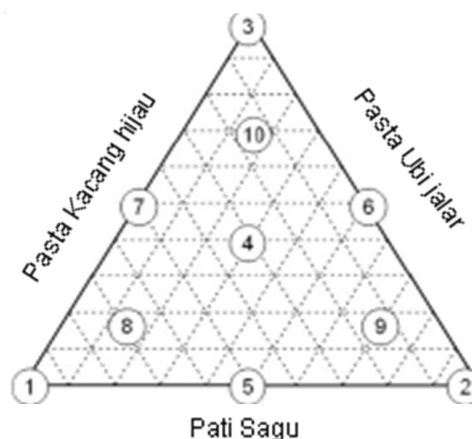
Formula bahan baku (pati sagu, pasta ubi jalar dan kacang hijau) dirancang dengan *mixture simplex centroid*

design. Rancangan ini digunakan karena komposisi tiap bahan baku dipengaruhi oleh komposisi bahan baku lainnya. Apabila prosentase satu komponen ditambahkan maka prosentase komponen lainnya harus dikurangi agar jumlah massa adonan selalu tetap.

Jumlah titik formula ditetapkan dengan rumus $2^q - 1$, jika q mewakili jumlah faktor (X) (Myers, 2002). Tiga (3) factor X yang diuji, yaitu pati sagu kering (X_1), pasta ubi jalar (X_2), dan pasta kacang hijau (X_3) dengan jumlah akhir dari ketiga komponen adalah 100% ($X_1 + X_2 + X_3 = 100\%$) (Tabel 1). Rancangan tersebut menghasilkan sepuluh (10) titik formulasi yang terdiri atas tiga (3) unit formula dari satu (1) bahan, tiga (3) unit formula dari campuran dua (2) bahan dan empat (4) unit formula dari campuran tiga (3) bahan (Gambar 1) yang dapat disebut juga sebagai jumlah kombinasi penelitian. Pengulangan dua (2) kali dilakukan untuk semua kombinasi perlakuan. Seluruh percobaan dilakukan dengan acak untuk meminimalkan bias.

Tabel 1. Desain formula bahan baku kukis

Formula	Prosentase bahan baku (% b/b)		
	Pati Sagu	Pasta Ubi Jalar	Pasta Kacang Hijau
1	100,0	-	-
2	-	100,0	-
3	-	-	100,0
4	50,0	50,0	-
5	50,0	-	50,0
6	-	50,0	50,0
7	33,3	33,3	33,3
8	75,0	12,5	12,5
9	12,5	75,0	12,5
10	12,5	12,5	75,0



Gambar 1. Sepuluh (10) titik perlakuan dari simplex-centroid design mencerminkan interaksi pati sagu (X_1), pasta ubi jalar (X_2) dan pasta kacang hijau (X_3) dalam penyiapan adonan kukis

Persiapan bahan

Pati sagu dicuci ulang dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran, kemudian dijemur hingga kering. Ubi jalar segar dicuci bersih kemudian direbus selama 30 menit, dikupas dan dihaluskan dengan *food processor* untuk mendapatkan pasta. Kacang hijau direndam dalam air selama 30 menit agar lunak, kemudian dikukus selama 30 menit. Kacang hijau dihaluskan dengan *food processor* untuk menghasilkan pasta.

Pembuatan kukis

Adonan kukis dibuat menggunakan metode krim. Gula dan margarin dikocok dengan mixer selama + 5 menit, kemudian ditambah telur dan *baking powder*. Adonan dikocok lagi selama + 5 menit lalu ke dalam

adonan ditambah pasta ubi jalar dan kacang hijau sambil dilakukan pengadukan. Setelah itu ditambah pati sagu dan adonan diaduk hingga merata. Jumlah pasta ubi jalar, kacang hijau dan pati sagu yang ditambahkan ke dalam adonan sebanyak 65% (b/b) dari total massa adonan kukis, sesuai dengan desain perlakuan pada Tabel 1. Adonan diratakan dengan *roller* hingga ketebalan + 3 mm, kemudian dicetak dengan pencetak kue berbentuk lingkaran (diameter + 5 cm). Adonan yang telah dicetak dipanggang dalam oven pada suhu 180° C selama 20 menit. Komposisi bahan-bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Analisis fisik

Analisis fisik dilakukan dengan mengukur tekstur kukis meliputi kekerasan dan kerenyahan, menggunakan *texture analyzer* (Brookfield QTS 25 Texture Analyzer) dengan beban 4 g, *probe* silindris TA 39 yang bergerak dengan kecepatan 30 mm/menit, dan kedalaman 3 mm, dan sebagai acuan digunakan biskuit Marie Susu Roma.

Analisis kimia

Komponen kimia kukis yang dianalisis meliputi kadar air, abu, protein, karbohidrat, lemak, dan serat kasar. Prosedur analisis mengikuti metode yang diuraikan di dalam SNI 01-2973-1992.

Analisis sensori

Analisis sensori kukis dilakukan dengan uji hedonik, mengikuti metode yang diuraikan oleh Soekarto (1985). Panelis (semi terlatih) yang dilibatkan sebanyak 48 orang. Atribut yang dinilai meliputi kerenyahan, kekerasan, warna, aroma, cita-rasa dan kesukaan. Tingkat kesukaan panelis dinyatakan dalam skala hedonik berikut: (1) sangat tidak suka sekali, (2) sangat tidak suka, (3) tidak suka, (4) agak tidak suka, (5) netral (antara suka dan tidak suka), (6) agak suka, (7) suka, (8) sangat suka dan (9) sangat suka sekali.

Analisis data

Pengaruh dan interaksi perlakuan (Tabel 1) terhadap respon atau parameter pengamatan dianalisis menggunakan *mixture simplex centroid design* dengan bantuan perangkat lunak *Design Expert DX 7.1.6 (trial version)* dari *Stat Ease*. Analisis secara spesifik dilakukan dengan cara mengumpulkan seluruh *predicted equation*, *residual sum of squares* (R2) dari setiap parameter pengamatan. Penentuan daerah/perlakuan optimum ditentukan dari nilai *desirability* mendekati satu (1). Analisis *multiple* regresi yang digunakan untuk penentuan optimasi model tersebut yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Linear} & Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \\ \text{Kuadratik} & Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \\ \text{Spesial kubik} & Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 \end{aligned}$$

Jika: Y adalah nilai prediksi variable respon (nilai fisik, kimia dan sensori), $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ adalah prediksi hasil perhitungan pengaruh setiap parameter setiap model perlakuan, dan x_1, x_2, x_3 adalah pati sagu, pasta ubi jalar dan kacang hijau.

Analisis data tersebut menggunakan *PROC ANOVA* dalam *Design Expert DX 7.1.6 (trial version)* dari *Stat Ease*. Persamaan regresi ditentukan dengan *PROC GLM procedure* (tanpa intercept). Nilai respon merupakan nilai rata-rata (mean) dari 2 ulangan perlakuan. Optimasi dilakukan berdasarkan respon-respon yang nyata (signifikan) dipengaruhi perlakuan percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik kukis bebas gluten

Sifat fisik maupun sifat kimia kukis bervariasi tergantung komposisi pati sagu, pasta ubi jalar dan kacang

Tabel 2. Prosentase komponen bahan-bahan penyusun kukis

Bahan	Prosentase (% b/b)
Margarin	13
Gula	13
Telur	8,87
Baking powder	0,13
Bahan baku (Tabel 1)	65

hijau. Tabel 3, menunjukkan adanya interaksi yang cukup kuat antara pati dan pasta dalam pembentukan tekstur kukis. Nilai kekerasan kukis berkisar 65,8 - 3.899,3 gF. Nilai kekerasan terendah (65,8 gF) diperoleh dari formula kukis 2 (F2) yang dibuat dengan pasta ubi jalar 100%, sedangkan yang tertinggi (3899,3 gF) diperoleh dari formula kukis 7 (F7) yang dibuat dari pati sagu, pasta ubi jalar dan kacang hijau dengan proporsi yang sama (masing-masing 33,3%). Pasta merupakan bentuk pangan olahan bertekstur lunak dan masih mengandung kadar air tinggi. Sehingga kandungan pasta yang lebih tinggi mempengaruhi tekstur kukis.

Namun, kukis yang dibuat dari pasta kacang hijau tetap memiliki nilai kekerasan dan kerenyahan yang lebih baik. Hal serupa pernah dilaporkan dari penelitian yang dilakukan (Adair, 1998), dimana penggunaan persentase pasta kacang hijau yang berbeda dalam

pembuatan kukis dapat mempengaruhi tekstur kekerasan dan kerenyahan. Kombinasi antara pasta kacang hijau dan pati sagu dalam formula kukis mampu memberikan nilai kekerasan dan kerenyahan yang lebih tinggi. Pasta kacang hijau mengandung pati dan protein yang lebih tinggi dari pasta ubi jalar. Walaupun tanpa gluten, saat pembentukan adonan tetap terbentuk matriks kompleks protein-pati-lipid. Tidak ada perbedaan diantara protein dan pati, keduanya berperan dalam prinsip pembentukan struktur material adonan, selama udara terperangkap dalam matriks pati-protein-lipid. Hal ini tidak berlaku pada formula kukis yang dibuat dari pasta ubi jalar.

Sifat kimia kukis bebas gluten

Respon sifat kimia kukis dicantumkan dalam Tabel 4. Formula kukis dengan proporsi pasta lebih tinggi akan

Tabel 3. Tekstur kukis bebas gluten

Formula	Parameter	
	Kekerasan (gF)	Kerenyahan (gF)
1	174,9±0,02	1,66±0.04
2	65,8±0.31	0,34±0.02
3	525,3±0.41	1,48±0.51
4	2342,2±0.87	1,24±0.11
5	1212,8±0.21	0,74±0.24
6	153,34±0.47	0,72±0.31
7	3899,3±0.33	1,45±0.55
8	453,34±0.89	1,50±0.01
9	994,33±0.52	0,35±0.01
10	2584,7±1.12	1,27±0.20

Tabel 4. Sifat kimia kukis bebas gluten

Formula	Kadar (% b/b)					
	Air	Abu	Lemak	Protein	Serat Kasar	Karbohidrat
1	1,90±0.02	0,60±0.03	14,17±0.01	1,50±0.01	1,21±0.11	80,62±0.41
2	19,60±0.04	1,55±0.02	32,79±0.30	2,47±0.05	2,23±0.01	41,36±0.03
3	8,89±0.12	2,24±0.22	20,34±0.28	12,46±0.47	1,77±0.05	54,32±0.88
4	3,68±0.21	0,92±0.11	26,55±1.02	1,79±0.21	1,19±0.07	65,88±1.24
5	10,39±0.41	0,77±0.04	18,83±0.98	3,95±0.01	1,66±0.03	64,39±1.98
6	15,99±0.55	1,57±0.05	20,26±0.88	6,50±0.07	0,92±0.01	54,78±2.01
7	6,45±0.53	1,32±0.03	15,33±0.52	5,86±0.05	0,88±0.02	70,17±1.06
8	0,47±0.06	0,86±0.01	16,26±0.74	3,08±0.02	1,42±0.03	77,91±1.55
9	16,53±0.75	1,38±0.02	26,56±0.85	2,83±0.43	1,43±0.01	51,27±0.88
10	7,99±0.11	1,83±0.04	15,72±1.44	11,28±1.12	0,78±0.01	62,40±0.47

memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan formula lainnya. Bahkan kukis yang dibuat dari pasta ubi jalar memiliki kadar air lebih dari 10% (F2, F5, F6, F9), karena air yang terkandung dalam pasta ubi jalar sudah tinggi. Nilai kadar air dari kukis mengandung pasta ubi jalar sangat tinggi bila dibandingkan dengan nilai yang ditentukan pada SNI 01-2973-1992. Dalam pembentukan adonan kukis, air berfungsi sebagai pengikat komponen-komponen pembentuk adonan. Namun, pada bahan yang mengandung pati tinggi seperti ubi jalar, penambahan air selama proses pengukusan ubi jalar menyebabkan proses gelatinisasi granula pati. Sifat pasta pati ubi jalar yang berbeda dengan pasta kacang hijau menyebabkan adonan pasta ubi jalar terasa lebih lembek dibandingkan pasta kacang hijau. Hal ini dapat juga menyebabkan uap air yang terbentuk selama pemanggangan tidak mampu dikeluarkan secara bebas. Proses pengukusan untuk mendapatkan pasta ubi jalar dan kacang hijau ditujukan untuk minimal proses bahan sehingga zat gizi yang terkandung didalamnya dapat dipertahankan lebih tinggi dibandingkan bila kedua bahan tersebut ditepungkan. Ubi jalar dan kacang hijau mengandung komponen bioaktif yang cukup tinggi seperti vitamin dan senyawa polifenol yang sensitif terhadap proses pengolahan berlebihan.

Abu dalam bahan pangan ditetapkan dengan menimbang sisa mineral hasil pembakaran bahan organik pada suhu + 550°C. Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa kadar abu kukis berkisar 0,6 - 2,24% dan ternyata pasta kacang hijau mempengaruhi kadar abu kukis (F3, F6, F10). Hal ini disebabkan karena kacang hijau mengandung mineral yang cukup tinggi. Hasil ini melebihi nilai yang ditetapkan SNI 01-2973-1992. Hasil ini dampak positif terhadap kesehatan bagi yang mengkonsumsi kukis ini karena secara tidak langsung mendapatkan tambahan mineral.

Lemak memiliki peranan penting dalam pembuatan kukis, biskuit atau produk sejenis. Hal ini disebabkan karena lemak memiliki efek shortening pada makanan yang dipanggang seperti biskuit, kukis dan roti. Produk pangan olahan tersebut menjadi lebih lezat dan renyah. Lemak akan terdispersi kemudian melapisi pati dan protein, sehingga dihasilkan biskuit yang renyah (Ghaman dan Sherington, 1992). Selain itu, lemak dapat memperbaiki struktur fisik seperti pengembangan, kelembutan tekstur dan aroma. Tingginya kadar lemak disebabkan karena bahan yang digunakan dalam pembuatan biskuit mengandung kadar lemak yang cukup tinggi seperti margarin. Kadar lemak minimum biskuit yang ditetapkan dalam SNI 01-2973-1992 adalah 9,5%. Dengan demikian kadar lemak kukis pada setiap formulasi memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI

01-2973-1992. Dari ketiga bahan baku dalam formulasi yang merupakan sumber serat adalah ubi jalar.

Tabel 4, menunjukkan bahwa formula kukis yang dibuat dari pasta ubi jalar memiliki kadar serat relatif tinggi dibandingkan dengan formula kukis lainnya. Hasil yang serupa pernah dilaporkan oleh (Saeed *et al.*, 2012), dimana kukis yang mengandung ubi jalar memiliki serat lebih tinggi dibandingkan tanpa ubi jalar, tapi rendah kadar protein. Jika hal ini dikaitkan dengan standar mutu biskuit berdasarkan SNI 01-2973-1992, yang mencantumkan kandungan serat kasar maksimum biskuit adalah 0,5% (% bb) maka nilai serat kasar hasil penelitian masih cukup tinggi. Hal ini memberikan keuntungan bahwa kukis bebas gluten tersebut dapat sebagai alternatif sumber serat yang dibutuhkan oleh tubuh, meskipun dari aspek kerenyahan kukis mungkin kurang memadai.

Pada Tabel 4, terlihat bahwa formula kukis yang dibuat dari pasta kacang hijau dan pati sagu lebih tinggi kadar protein dan karbohidratnya dibandingkan dengan formula kukis lainnya. Berdasarkan SNI 01-2973-1992 yang mencantumkan kandungan protein dan karbohidrat biskuit adalah lebih dari 9% dan 70% (% bb) maka kadar protein kukis yang memenuhi standar SNI tersebut adalah formula kukis 3 dan 10 sedangkan untuk kadar karbohidrat kukis yang memenuhi standar SNI adalah formula kukis 1, 7 dan 8.

Mutu sensori kukis bebas gluten

Kekerasan dan kerenyahan

Secara keseluruhan, skor penerimaan tertinggi diperoleh pada formula kukis 1, 4 dan 8 yang dibuat dari pati sagu tinggi diikuti dengan formula kukis yang dibuat dari pasta kacang hijau (Tabel 5). Pati sagu sangat mempengaruhi kerenyahan kukis. Hal ini terlihat dari skor kesukaan pada Tabel 5, dimana formula kukis 1 dan 8 yang memiliki prosentase pati sagu 100% dan 75% mendapatkan skor kerenyahan pada kisaran 6 (agak suka). Kedua atribut mutu ini termasuk pada kategori mutu tekstur kukis, dimana kedua atribut mutu ini nilainya sangat dipengaruhi oleh kadar air, lemak dan jumlah serta jenis karbohidrat dan protein penyusun adonannya. Dalam hal ini, kekerasan dan kerenyahan kukis bebas gluten dipengaruhi oleh semua bahan baku yang digunakan meliputi pati sagu, pasta kacang hijau, pasta ubi jalar, gula, lemak, telur dan bahan pengembang.

Warna

Kesan pertama yang didapat dari suatu produk pangan olahan adalah warna. Warna merupakan karakteristik yang

menentukan penerimaan atau penolakan terhadap suatu produk pangan olahan oleh konsumen. Selain itu, warna dapat memberikan petunjuk mengenai perubahan kimia dalam makanan seperti pencoklatan dan karamelisasi (de Man, 1997). Rerata skor kesukaan terhadap warna produk adalah 2,79 – 6,27. Secara deskriptif nilai tersebut berada pada kisaran tidak suka sampai agak suka. Skor kesukaan terhadap warna kukis yang paling disukai adalah formula kukis yang dibuat dari pati sagu dan pasta kacang hijau dengan proporsi lebih tinggi yaitu 50-75%.

Rasa

Rasa merupakan persepsi dari sel pengecap meliputi rasa asin, manis, asam dan pahit yang diakibatkan oleh bahan yang terlarut dalam mulut (Meilgaard *et al.*, 1999). Rasa dinilai dengan adanya tanggapan rangsangan kimia oleh pencicip (lidah), dimana akhirnya kesatuan interaksi antara sifat-sifat seperti aroma, rasa, kekerasan dan kerenyahan merupakan rasa atau cita rasa makanan yang dinilai. Penilaian panelis terhadap parameter kesukaan rasa tertinggi diberikan pada formula kukis yang mengandung pati sagu lebih tinggi yaitu formula 1,4 dan 8 (Tabel 5) .

Aroma

Aroma suatu makanan lebih banyak dipengaruhi oleh panca indera penciuman. Pada umumnya bau yang dapat diterima oleh hidung dan otak lebih banyak merupakan campuran empat macam bau yaitu harum, asam, tengik dan hangus (Winarno, 1992). Skor rerata kesukaan aroma kukis berada pada kisaran netral (skor 5), yang artinya

pati sagu, pasta ubi jalar dan kacang hijau memberikan aroma bebas terhadap masing-masing formula (Tabel 5).

Kesukaan overall

Daya terima terhadap makanan dapat diukur dari seluruh atribut yang dinilai dari cita rasa yaitu warna, bentuk, ukuran, aroma, rasa, tekstur. Kesukaan overall digunakan dalam uji hedonik untuk mengukur tingkat kesukaan panelis terhadap keseluruhan atribut yang ada pada produk. Penilaian panelis terhadap parameter kesukaan overall tertinggi diberikan pada formula kukis yang mengandung pati sagu lebih tinggi. Secara keseluruhan, skor penerimaan tertinggi diperoleh pada formula kukis 1,4 dan 8 yang dibuat dari pati sagu tinggi diikuti dengan formula kukis yang dibuat dari pasta kacang hijau (Tabel 5). Pasta kacang hijau ternyata mempengaruhi warna dan aroma kukis, sedangkan secara keseluruhan, penambahan pasta ubi jalar dapat menurunkan penerimaan seluruh parameter mutu kukis yang diuji.

Analisis model respon

Metode permukaan respon digunakan untuk menentukan model analisis yang sesuai untuk masing-masing respon mendapatkan formula terbaik. Model yang dievaluasi mencakup linier, 2 FI (interaksi), kuadratik, spesial kubik dan kubik. Pemilihan model berdasarkan sequential model sum of square (Tabel 6) dan model analisis yang signifikan ($p < 0,05$) untuk masing-masing respon dapat berbeda-beda.

Tabel 5. Mutu sensori kukis bebas gluten

Formula	(Skor parameter mutu sensori)					
	Kekerasan	Kerenyahan	Warna	Rasa	Aroma	Kesukaan
1	6,10±0.23	6,48±0.22	5,52±0.23	5,92±0.08	5,17±0.12	6,00±0.00
2	3,15±0.21	2,88±0.35	2,79±0.011	5,25±0.05	4,75±0.41	3,96±0.04
3	3,69±0.11	3,29±0.41	6,27±0.05	4,62±0.08	5,67±0.22	5,27±0.25
4	5,21±0.02	5,44±0.01	5,69±0.04	5,79±0.01	5,30±0.31	5,82±0.08
5	3,38±0.05	3,17±0.03	6,17±0.03	4,75±0.05	5,15±0.05	5,29±0.01
6	3,81±0.15	3,33±0.07	4,54±0.05	5,31±0.09	5,44±0.11	4,89±0.01
7	4,13±0.22	4,19±0.04	6,27±0.03	4,94±0.06	5,77±0.31	5,60±0.04
8	5,98±0.12	6,27±0.03	5,58±0.02	5,50±0.50	5,29±0.11	5,96±0.03
9	3,83±0.25	3,25±0.05	5,27±0.03	4,88±0.12	5,31±0.07	5,20±0.08
10	4,21±0.45	4,08±0.02	6,00±0.00	5,21±0.02	5,25±0.05	5,09±0.01

Tabel 6. *Sequensial model sum of square* untuk setiap respon

Respon	Model Terpilih	Jumlah Kuadrat	db	Kuadrat Tengah	Fhit	Prob>F
Kekerasan (gF)	Spesial kubik	249,13	1	124,56	0,12	0,89
Kerenyahan (gF)	Linear	1,36	2	0,68	5,67	0,03
Kadar Air (%)	Linear	286,90	2	143,45	10,96	0,01
Kadar Abu (%)	Spesial Kubik	2,08	2	1,04	104,70	0,00
Kadar Lemak (%)	Spesial Kubik	27,10	1	27,10	27,37	0,01
Kadar Protein (%)	Linear	124,29	2	62,15	36,43	0,00
Kadar Serat Kasar (%)	Kuadratik	1,52	3	0,30	3,86	0,11
Kadar Karbohidrat (%)	Linear	1174,30	2	587,15	24,98	0,00
Kekerasan (skor)	Linear	7,00	2	3,50	8,41	0,01
Kerenyahan (skor)	Linear	7,00	2	3,50	8,41	0,01
Cita Rasa (skor)	Linear	0,91	2	0,45	4,11	0,07
Aroma (skor)	Spesial Kubik	0,10	1	0,10	2,59	0,21
Warna (skor)	Linear	6,42	2	3,21	6,01	0,03
Kesukaan (skor)	Kuadratik	0,84	3	0,28	7,14	0,04

Tabel 7. Ringkasan model statistik (*model summary statistics*) untuk setiap model terpilih

Respon	Model Terpilih	Standar Deviasi	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS	Keterangan
Kekerasan (gF)	Spesial kubik	1,02	0,79	0,37	-37,16	706,49	Suggested
Kerenyahan (gF)	Linear	0,35	0,62	0,51	0,35	1,43	Suggested
Kadar Air (%)	Linear	3,62	0,76	0,69	0,54	172,26	Suggested
Kadar Abu (%)	Spesial Kubik	0,10	0,99	0,96	0,71	0,69	Suggested
Kadar Lemak (%)	Spesial Kubik	0,99	0,99	0,97	0,80	66,90	Suggested
Kadar Protein (%)	Linear	1,31	0,91	0,89	0,85	20,28	Suggested
Kadar Serat Kasar (%)	Kuadratik	0,28	0,83	0,61	-104,86	3,76	Suggested
Kadar Karbohidrat (%)	Linear	4,85	0,88	0,84	0,74	343,44	Suggested
Kekerasan (skor)	Linear	0,64	0,71	0,62	0,47	5,22	Suggested
Kerenyahan (skor)	Linear	0,64	0,71	0,62	0,47	5,22	Suggested
Cita Rasa (skor)	Linear	0,33	0,54	0,41	0,20	1,35	Suggested
Aroma (skor)	Spesial Kubik	0,20	0,84	0,52	-263,13	2,62	Suggested
Warna (skor)	Linear	0,73	0,63	0,53	0,09	9,24	Suggested
Kesukaan (skor)	Kuadratik	0,20	0,95	0,89	0,44	1,86	Suggested

Tabel 8. Persamaan regresi dari model terpilih untuk setiap respon

Parameter	Predicted model
Kerenyahan (gF)	$Y = 1.61 X_1 + 0.36 X_2 + 1.25 X_3$
Kadar Air (%)	$Y = -0.64 X_1 + 17.97 X_2 + 10.24 X_3$
Kadar Abu (%)	$Y = 0.64 X_1 + 1.52 X_2 + 2.27 X_3 - 0.63 X_1 X_2 - 2.53 X_1 X_3 - 1.30 X_2 X_3 + 10.50 X_1 X_2 X_3$
Kadar Lemak (%)	$Y = 14.13 X_1 + 33.14 X_2 + 19.77 X_3 + 12.47 X_1 X_2 + 5.90 X_1 X_3 - 25.37 X_2 X_3 - 176.03 X_1 X_2 X_3$
Kadar Protein (%)	$Y = 1.00 X_1 + 2.27 X_2 + 12.24 X_3$
Kadar Karbohidrat (%)	$Y = 83.09 X_1 + 46.08 X_2 + 57.76 X_3$
Kekerasan (skor)	$Y = 6.03 X_1 + 3.55 X_2 + 3.46 X_3$
Kerenyahan (skor)	$Y = 6.48 X_1 + 3.18 X_2 + 3.06 X_3$
Warna (skor)	$Y = 6.08 X_1 + 3.80 X_2 + 6.35 X_3$
s (skor)	$Y = 5.99 X_1 + 4.07 X_2 + 5.18 X_3 + 3.76 X_1 X_2 - 1.13 X_1 X_3 + 1.44 X_2 X_3$

Proses pemilihan model berikutnya berdasarkan *model summary statistics* (Tabel 7) dimana parameter yang digunakan untuk memilih model yang tepat adalah perhitungan standard deviasi, *R-square*, *adjusted R-square*, *predicted R-square* dan *PRESS (Prediction error sum of square)*. Model terpilih adalah model yang memiliki standard deviasi terendah, *R-square* tertinggi, *adjusted R-square* tertinggi, *predicted R-square* tertinggi dan *PRESS (prediction error sum of square)* terendah.

Berdasarkan ringkasan model secara statistik, masing-masing respon memiliki nilai *Adj.R²*, *R²*, *Predic. R²*, *PRESS* yang nantinya akan menentukan signifikansi setiap model pada analisis ragam. Model yang memiliki nilai *Adj.R²* tertinggi, *R²* tertinggi, *Predicted R²* tertinggi dan bernilai positif serta *PRESS* terendah umumnya akan menghasilkan model yang signifikan pada analisis ragam. Tabel 8, memperlihatkan persamaan regresi seluruh respon dari setiap model yang signifikan seperti yang tertera pada Tabel 7. Nilai *Predicted R²* untuk respon kekerasan (gF), serat kasar (%) dan aroma (skor) bernilai negatif sehingga tidak diikuti dalam analisis lebih lanjut.

Optimasi dan validasi formula kukis

Tahap selanjutnya adalah optimasi dengan kriteria sesuai target untuk menghasilkan formula terpilih. Nilai target tersebut diringkas pada Tabel 9. Nilai maksimum atau minimum ditentukan dari nilai masing-masing respon kemudian dihitung berdasarkan persamaan regresi untuk mendapatkan formula dengan nilai *desirability* tertinggi. Kriteria ditetapkan pada optimasi numerik dengan nilai target optimasi yang dapat dicapai disebut *desirability*. *Desirability* memiliki nilai 0 sampai 1,0. Optimasi merupakan proses untuk memperoleh nilai *desirability* maksimum dengan mempertimbangkan semua fungsi tujuan/target. Adapun respon yang digunakan sebagai untuk penentuan formula terpilih adalah hasil analisis tekstur (kenyamanan), kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan hasil uji sensori (kekerasan, kenyamanan, warna, dan keseluruhan) yang telah lolos dalam analisis model sebelumnya.

Tabel 10, memperlihatkan hasil optimasi numerik, dimana terdapat empat komposisi formula yang dianggap optimal. Nilai *desirability* tertinggi menjadi

Tabel 9. Nilai tujuan setiap respon dalam optimasi

Respon	Nilai Tujuan
Kenyamanan (gF)	<i>maximum</i>
Kadar air	<i>minimum</i>
Kadar abu	<i>minimum</i>
Kadar lemak	<i>minimum</i>
Kadar protein	<i>maximum</i>
Kadar karbohidrat	<i>maximum</i>
Uji sensori terhadap kekerasan	<i>maximum</i>
Uji sensori terhadap kenyamanan	<i>maximum</i>
Uji sensori terhadap warna	<i>maximum</i>
Uji hedonik terhadap keseluruhan	<i>maximum</i>

Tabel 10. Empat formula kukis terpilih

No.	Sagu (%)	Ubi Jalar (%)	Kacang Hijau (%)	Desirability
1	79,52	3,92	16,56	0,69
2	73,50	0,00	26,50	0,66
3	55,68	44,32	0,00	0,43
4	50,0	50,0	0,00	0,41

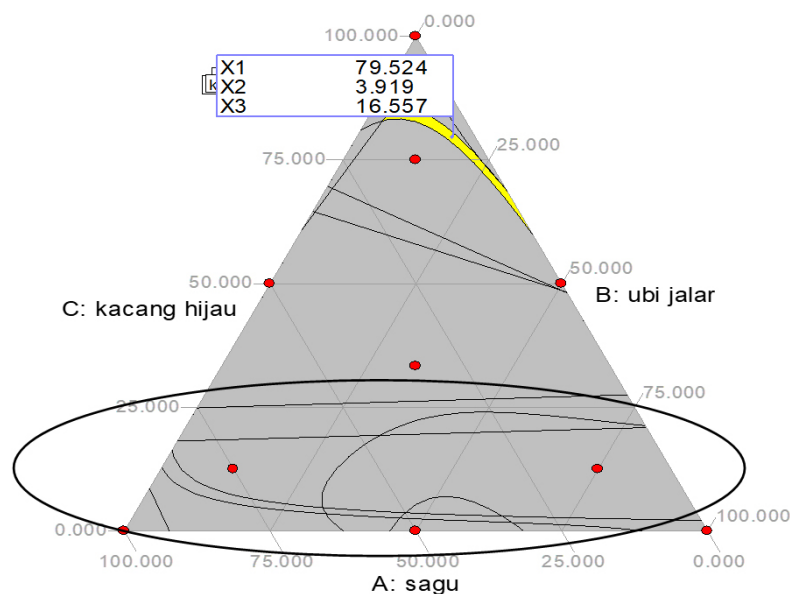
dasar pemilihan formula terpilih, yaitu formula dengan komposisi pati sagu 79,52%, pasta ubi jalar 3,92%, dan pasta kacang hijau 16,56%. Hasil optimasi kukis disajikan dalam bentuk *contour plot* dua dimensi (Gambar 2). Nilai pada garis *contour* merupakan kombinasi dari semua variabel yang menghasilkan pencapaian nilai *desirability*. Optimasi grafis menampilkan area yang nilai responnya memenuhi kriteria. Daerah yang tidak memenuhi kriteria optimasi berwarna abu-abu, sedangkan daerah yang memenuhi kriteria optimasi berwarna kuning. Pada grafik dapat dilihat beberapa area abu-abu yang saling bertumpuk, hal ini disebabkan respon yang digunakan pada penelitian lebih dari satu.

Setelah mendapatkan formula terpilih dilakukan validasi dengan cara membuat produk sesuai dengan formula yang direkomendasikan sebagai formula terpilih (optimum) kemudian dilakukan analisis terhadap karakteristik produk olahan yang dihasilkan. Komposisi bahan baku dari formula terpilih adalah pati sagu 79,52%, pasta ubi jalar 3,92%, dan pasta kacang hijau 16,56%, sedangkan prosentase bahan lainnya sama dengan tahap formulasi. Hasil analisis akan memberikan nilai aktual, sedangkan perhitungan optimasi sebelumnya telah memperkirakan nilai respon (prediksi) dari karakteristik formula terpilih tersebut (Tabel 11). Hasil validasi menunjukkan hasil analisis tekstur, total serat, dan uji hedonik tidak berbeda jauh dengan nilai prediksi yang dihasilkan program *DX ver 7.1.6*.

Tabel 11, memperlihatkan bahwa hampir keseluruhan nilai aktual respon dari formula optimum memenuhi nilai prediksi dan nilai standar SNI untuk biskuit yang digunakan sebagai acuan, hanya kadar protein yang

masih menyimpang dari yang disyaratkan dalam standar SNI. Nilai protein sebesar 4,09% berada di bawah standar nilai SNI yaitu minimum 9,00%. Nilai protein yang sangat rendah dapat ditelusuri dari kadar protein masing-masing bahan baku yang memang rendah protein, walaupun kadar protein kacang hijau tinggi namun tidak dapat memenuhi nilai standar dikarenakan prosentase yang digunakan dalam formula terpilih cukup rendah hanya 16,56% dari total bahan baku, atau 10,77% dari keseluruhan bahan untuk produksi kukis.

Untuk memenuhi asupan protein, konsumsi kukis dapat disertai dengan makanan pendamping atau bahan tambahan sumber protein lainnya. Terbaru, kadar protein dari produk berbahan kacang hijau dapat ditingkatkan dengan melakukan germinasi pada kacang hijau tersebut. Peningkatan kadar protein dapat terjadi setelah germinasi selama 24 jam dan meningkat sebesar 2-5% (Liu *et al.* 2018). Selain itu, makanan pendamping yang digunakan harus dipilih khususnya bagi penderita celiac disease, misalnya penderita autisme. Makanan pendamping seperti susu tidak diperbolehkan karena penderita autisme tidak dapat mencerna gluten maupun kasein. Hal ini disebabkan karena penderita autisme tidak mempunyai enzim DPP-IV (Dipeptidylpeptidase IV) untuk mencerna protein tersebut (akibat faktor genetik atau tidak aktif karena mekanisme auto-imun), sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi oploid. Penumpukan dan akumulasi dari substansi-substansi ini menyebabkan penderita tidak peduli terhadap orang lain dan seperti kelihatan hidup di dunianya sendiri. Gangguan fungsi DPP IV pada penderita autisme akan menimbulkan gangguan pencernaan kasein dan gluten yang tidak dapat tercerna sempurna dan hanya menjadi molekul dipeptida yang disebut



Gambar 2. *Contour plot* yang menunjukkan nilai *desirability* kukis

caseomorphin dan gluteomorphin. Caseomorphin dan gluteomorphin dapat diserap oleh saluran cerna penderita autisme yang mengalami peradangan dan di dalam otak bertindak sebagai neurotransmitter palsu dan berikatan dengan reseptor morphin, sehingga terjadi gangguan perilaku (Jasaputra, 2003).

Walaupun memiliki kadar protein rendah, formula kukis terpilih (optimum) yang dihasilkan dapat menjadi alternatif *emergency food*. Beberapa kriteria makanan darurat adalah tahan lama (tidak perlu disimpan dalam lemari es), rendah garam, tidak perlu dimasak terlebih dahulu, serta berkalori dan bernutrisi tinggi telah terpenuhi. Kandungan kalori yang dimiliki kukis dengan formula optimum ini tinggi, yaitu sebesar 408,57 kalori/100 gram. Nilai tersebut memenuhi nilai kalori minimum yang ditetapkan SNI yaitu sebesar 400 kalori/100 gram.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan optimasi maka terpilih satu formula, yaitu formula dengan nilai *desirability* tertinggi (0,69). Komposisi bahan baku formula tersebut adalah 79,52% b/b pati sagu, 3,92% b/b pasta ubi jalar, dan 16,56% b/b pasta kacang hijau. Hasil validasi menunjukkan bahwa kukis paling baik dan disukai panelis memiliki kadar air 1,75%, abu 0,70%, lemak 14,05%, serat kasar 0,54%, protein 4,09%, dan karbohidrat 78,89%. Hasil uji sensori kukis menunjukkan bahwa skor kekerasan sebesar 6,00, kerenyahan 6,24, warna 6,26, rasa 6,06, aroma 5,83, dan penerimaan keseluruhan 6,28 yang berarti kukis yang dihasilkan cukup disukai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian atas pendanaan penelitian dan disampaikan kepada mahasiswa magang a.n Mayang yang membantu pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adair, M. (1998). Mungbean paste substitution for butter in peanut butter cookies. Oklahoma State University. BSN, 1992. Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2973-1992 - Biskuit. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Cornell, J. (1990). Experiments with Mixtures. John Wiley & Sons Inc.
- deMan JM. 1997. Kimia Makanan. Edisi kedua. Diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata. Penerbit ITB : Bandung
- Gallagher, E. (2008). Gluten-Free Cereal Products and Beverages. In Gluten-Free Cereal Products and Beverages. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50016-2>
- Ghaman PM, Sherington KB. 1992. Ilmu Pangan : Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi. Ed 2. Gardjito M, Naruki S, Murdiati A, Sarjono (Penerjemah) Yogyakarta : Gadjah Mada Univ Pr.
- Guerrieri, N., & Cavaletto, M. (2017). Cereals proteins. In Proteins in Food Processing: Second Edition (Second Edi). Elsevier Ltd.<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00009-7>
- Jasaputra DS. 2003. Alergi Makanan pada Anak Autis. Makalah disampaikan pada Kongres Nasional Autisme Indonesia-I Jakarta, 2-4 Juli 2003
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of Food Engineering, 79(3), 1033–1047. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
- Liu Y, Xu M, Wu H, Jing L, Gong B, Gou M, Zhao K, Li W. 2018. The compositional, physicochemical, and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on the quality of wheat flour noodle. Journal of Food Science and Technology, 55(12), 5142-5152
- Marco, C., & Rosell, C. M. (2008). Functional and rheological properties of protein-enriched gluten-free composite flours. Journal of Food Engineering, 88, 94-103. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0838-6>
- Meilgaard MC, Carr BT. 1999. Sensory Evaluation Techniques. 3rd Ed. CRC Press, New York.
- Myers RH (2002) Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments, 2nd. Wiley, New York
- Rosell, C. M., Barro, F., Sousa, C., & Mena, M. C. (2014). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. In Journal of Cereal Science (Vol. 59, Issue 3, pp. 354–364). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.001>
- Saeed, S., Ahmad, M., Kausar, H., & Parveen, S. (2012). Effect of sweet potato flour on quality of cookies. J. Agric. Res, 50(28), 525–538. http://www.jar.com.pk/upload/1374745780_97_548_525paper8.pdf
- Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. Journal of Food Engineering, 111(4), 590–597. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.011>
- Soekarto TS. 1985. Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian. Bharata Karya Aksara. Jakarta

- Winarno FG. 1992. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia. Jakarta
- Witczak, M., Juszczak, L., Ziobro, R., & Korus, J. (2012). Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part I: Rheological and thermal properties of gluten-free dough. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.01.009>
- Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., & Korus, J. (2016). Starch and starch derivatives in gluten-free systems - A review. *Journal of Cereal Science*, 67, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.007>
- Zhu, P., Méjean, S., Blanchard, E., Jeantet, R., Schuck, P., Zabik, M. E., Fierke, S. G., Bristol, D. K., Yoshioka, Y., Horie, H., Sugiyama, M., Sakata, Y., Wolf, W., Spiess, W. E. L., Jung, G., Weisser, H., Bizot, H., Duckworth, R. B., van Donkelaar, L. H. G., Campanella, O. H. (2007). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *Journal of Food Engineering*, 43(1), 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.005>
- Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2070–2076. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.007>