

## Innovation snack crackers sorghum, challenge and characterization product : A review

Evita Riviani Achmadi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Alumni Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Jl. Flora Bulaksumur No.1, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

\*Email : [evita.achmadi@gmail.com](mailto:evita.achmadi@gmail.com)

**Background :** Snack crackers can be modified into healthy snacks with the concept of gluten-free crackers for coeliac sufferers. The best design innovation for producing gluten-free snack crackers is the use of sorghum flour as an alternative to wheat. Sorghum is recommended to be safe for coeliac sufferers because it is included in the Panicoidea sub family, which is the same family as corn and millet grains. The phenolic components contained in sorghum include 3-deoxyanthocyanins, proanthocyanidins, flavones and flavanones. These components are active components that act as antioxidants, anticarcinogens and prevent cardiovascular disease. Along with these functional components, the use of sorghum flour in crackers means they can be promoted as gluten-free snacks that provide health benefits.

**Scope and approach:** This review explain about how to develop snack crackers that contain sorghum flour as the main ingredient and the challenging in terms of formulation and processing methods. Key to the success of cracker innovation with sorghum flour is establishing which cracker characteristics are accepted by consumers, critical points at the processing stage and characteristics of sorghum flour that support the desired end product.

**Key findings and conclusion:** Development in formulations, ingredients and process conditions is a challenge for snack cracker innovation with sorghum flour as an alternative. Presence of some antinutritional factors in sorghum such as tannins, phytates, trypsin inhibitors, and protein crosslinker can be maintain by pretreatment sorghum before its prosessed as sorghum flour. The best treatment is fermentation followed by the combination of soaking, germination, and nixtamalization. Formulation and process condition can be adjust based on viscoelasticity and consistency of snack krekers dough. It is also important to consider incorporation sorghum flour and others gluten free flour to get optimum dough consistency and viscoelasticity. Increasing the viscoelasticity of the dough can be achieved by adding functional ingredients such as protein isolate, fibre, hydrocolloid and emulsifier to improve the baking quality of gluten-free snack crackers. The incorporation of optimization hydrocolloids and other functional ingredients requires further research focused on identifying the right functional ingredients to effectively replace the function of wheat gluten. Development of gluten-free crackers is expected to be able to overcome the limitations of technology, nutritional quality and sensory properties on an ongoing basis.

### 1. Pendahuluan

Industri snack secara berkesinambungan mengembangkan produk yang meningkatkan kepuasan konsumen dalam segi pemenuhan nutrisi dan penerimaan di pasaran. Seperti snack dengan pengurangan kandungan garam, menggunakan minyak goreng non kalori dan rendah lemak. Preferensi konsumen harus diarahkan pada konsumsi snack dengan cara yang rasional, yaitu konsumsi dengan proporsi dan pemilihan jenis snack yang tepat. Salah satunya adalah snack dengan label klaim yang memberikan manfaat bagi kesehatan dalam bentuk snack bebas gluten. Gluten merupakan komponen fundamental pada terigu yang berperan penting pada kualitas dan struktur produk *bakery*. Gluten terdiri dari dua komponen grup protein yaitu gliadin dan glutenin. Gliadin dan

glutenin yang terkandung dalam terigu berpengaruh negatif pada penderita *celiac*. Celiac merupakan kondisi kecenderungan genetik seseorang yang memiliki reaksi autoimun terhadap protein gluten yang ditemukan pada semua tipe gandum dan sereal sejenis seperti *barley* dan *rye*. Reaksi ini menyebabkan pembentukan antibodi dan kerusakan pada usus halus sehingga terjadi malabsorpsi nutrisi dan penyakit autoimun Ciacci *et al* (2007).

Codex Alimentarius Commission (CODEX) dari WHO dan FAO pada 1976 mengeluarkan standar makanan bebas gluten. Standard tersebut kemudian direvisi pada 1981 dan terakhir pada 2000 yang mendeskripsikan makanan bebas gluten sebagai berikut:

- a. Mengandung atau dibuat hanya dari ingredien yang tidak mengandung prolamin dari gandum atau semua spesies *Triticum* seperti *spelt*, *kamut* dan gandum *durum*, *rye*, *barley* dan oat atau kawin silang antara varietas tersebut dengan level gluten tidak lebih dari 20 ppm.
- b. Mengandung ingredient dari gandum, *rye*, *barley*, *oat*, *spelt* atau kawin silang varietas tersebut yang telah dibuat bebas gluten dengan gluten level tidak lebih dari 200 ppm
- c. Campuran dari dua ingredient yang disebutkan pada point a dan b dengan level gluten yang tidak lebih dari 200 ppm.

Pada Agustus 2013, US Food and Drug Administration (FDA) mengeluarkan regulasi yang mendefinisikan ketentuan bebas gluten pada label makanan. Berdasarkan definisi yang dibuat, kemungkinan makanan bebas gluten akan diberi label '*gluten free*', '*free of gluten*', '*no gluten*' atau '*without gluten*' Jnawali *et al* (2016). Penentuan label bebas gluten ini digunakan sebagai referensi produsen maupun konsumen. Konsumen dapat mempertimbangkan konsumsi makanan berdasarkan tingkat sensitivitas terhadap gluten, terutama bagi penderita *celiac*. Sedangkan produsen mampu meyakinkan konsumen bahwa kandungan gluten produk ketika dijual sudah sesuai dengan regulasi dan aman untuk dikonsumsi. Mehtab *et al* (2021) memberikan gambaran mengenai kandungan gluten pada produk yang diberi label bebas gluten. Penelitian dilakukan pada produk impor dan produk bebas gluten tanpa label yang dipasarkan di India. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa 10.1% dari 794 produk bebas gluten baik diberi label ataupun tidak, memiliki kandungan gluten lebih dari 20 mg/kg. Sebagian besar merupakan produk cereal dan turunannya (tepung, *coarse grains*, pasta/macaroni, snack) tepung *pulse*, bumbu dan *bakery* sehingga produsen dan konsumen diharapkan lebih memperhatikan produk dengan label bebas gluten yang harus disesuaikan dengan ketentuan regulasi.

Produk bebas gluten pada umumnya diaplikasikan pada roti, mie dan pasta, namun tidak menutup kemungkinan diaplikasikan juga pada produk *cookies*, biskuit, *cake*, *muffin* dan krekers. Krekers merupakan salah satu jenis produk *bakery* yang diminati konsumen. Krekers mampu memenuhi kebutuhan konsumen dalam hal pemenuhan nutrisi dari segi *serving size* maupun cara konsumsi yang simpel. Berdasarkan SNI Biskuit 2973:2011 yang disempurnakan dengan SNI Biskuit 2973: 2018, krekers merupakan jenis biskuit yang dalam pembuatannya memerlukan proses fermentasi atau tidak, serta melalui proses laminasi sehingga menghasilkan bentuk pipih dan bila dipatahkan penampangnya berlapis – lapis. Salah satu jenis krekers adalah snack krekers. Snack krekers dapat dimodifikasi menjadi snack sehat dengan konsep snack krekers bebas gluten. Design inovasi yang paling memungkinkan untuk memproduksi snack krekers bebas gluten berupa penggunaan tepung sorgum sebagai alternatif terigu. Beberapa penelitian mengaplikasikan sorgum dalam produk *bakery* seperti roti, *cake* dan biskuit (Abdualrahman *et al.*, 2019; Marston *et al.*, 2016; Rose *et al.*, 2013, Mtelisi *et al.*, 2020; Afrin dan Sidhu, 2021; de Lacerda de Oliveira *et al.*, 2021; Marston *et al.*, 2016; Adedara dan Taylor, 2020).

Pemilihan tepung sorgum sebagai alternatif dilihat dari beberapa aspek yaitu nilai fungsional bagi kesehatan dan karakteristik sorgum yang berperan pada tekstur akhir snack krekers. Tepung sorgum merupakan sumber mikronutrien, makronutrien dan komponen bioaktif. Makronutrien antara lain protein 8.43 g/100g, lemak 3.34 g/100g, karbohidrat 76.64 g/100g, serat 6.6 g/100g, abu 1.32 g/100g, and kadar air 10.26 g/100g. Mikronutrien diindikasikan dengan kandungan mineral antara lain

phosphorus (P) 278 mg/100g, zinc (Zn) 1.63 mg/100g, iron (Fe) 3.14g/100g, calcium (Ca) 12mg/100g, magnesium (Mg) 123 mg/100g, potassium (K) 324 mg/100g, and sodium (Na) 3g/100g, vitamin B6 0.325 mg/100g dan vitamin E 0.5 mg/100g yang penting dalam pertumbuhan dan daya tahan tubuh (Rashwan *et al*, 2021).

Sorgum tidak mengandung protein gliadin dan dapat dikatakan bebas gluten sehingga direkomendasikan aman bagi penderita *celiac* karena termasuk dalam *Panicoidea sub family* yang didalamnya juga terdapat jenis *maizena* dan *millet*. Komponen fenolik yang terdapat dalam sorgum antara lain 3-deoxyanthocyanin, proantocyanidins, flavones dan flavanones. Komponen tersebut merupakan komponen aktif yang berperan sebagai antioksidan, antikarsinogen dan mencegah penyakit kardiovaskuler. Dengan komponen fungsional tersebut, aplikasi tepung sorgum pada snack krekers dapat dikomersialisasikan dengan label bebas gluten dan snack yang memberikan manfaat bagi kesehatan khususnya penderita celiac. Penelitian Ciacci *et al* (2007) membuktikan bahwa makanan yang dibuat dari sorgum aman bagi penderita gluten intoleran yang ditunjukkan dengan uji invitro dan in vivo. Hal tersebut diperkuat dengan fakta bahwa sorgum memiliki hubungan varietas dengan *maizena* yang juga aman bagi penderita celiac.

Penelitian Afrin dan Sidhu (2021); Myhrstad *et al* (2021) dan de Mesa-Stonestreet *et al* (2010) menyatakan pada umumnya produk bebas gluten dibuat dari bahan dasar pati (tepung beras/*maizena*) yang rendah protein, fiber, vitamin dan mineral, kelebihan karbohidrat, lemak jenuh dan garam. Hal ini akan memperburuk kondisi malabsorpsi penderita celiac sehingga memicu defisiensi calcium dan mineral lainnya. Selain itu, harga produk bebas gluten juga lebih mahal dikarenakan mahalnya ingredient dan permintaan pasar yang rendah. Maka dari itu, pengembangan snack krekers dengan bahan dasar tepung sorgum memiliki tantangan tersendiri, baik dari pemilihan formulasi dan metode pengolahan. Keberhasilan inovasi krekers dari tepung sorgum ini, harus didahului dengan pemetaan karakteristik krekers yang diterima penderita celiac, titik kritis pada tahapan proses pengolahan snack krekers dan sifat tepung sorgum yang mendukung kualitas krekers yang dihasilkan.

## 2. Proses Pengolahan Crackers

Menurut Davidson (2019), secara umum krekers dibedakan menjadi 3 kategori yaitu soda krekers (krim krekers), snack krekers (*sprayed* krekers) dan *savory* krekers. Ciri khas snack krekers adalah proses penyemprotan campuran minyak kelapa dan *flavor* segera setelah pemanggangan. Minyak kelapa dengan suhu 60°C berfungsi membawa *flavor* agar lebih cepat terserap ketika krekers masih panas. Kandungan minyak yang diperbolehkan pada snack krekers sebesar 5 - 17% dari berat total. Ciri khas lain yang menentukan kualitas krekers adalah *puffiness*. *Puffiness* didefinisikan sebagai perbedaan rasio krekers sebelum dipanggang dan setelah dipanggang dibandingkan dengan ketebalan adonan krekers. Pada umumnya krekers dibuat dari *soft wheat* dengan kandungan protein 8 – 9% yang akan memberikan tekstur krekers yang lembut (*softer bite*). Penambahan enzim proteolitik dilakukan untuk mendapatkan tekstur lembut tersebut. Proteinase memecah dan memodifikasi gluten sehingga adonan menjadi lembut dan elastisitas adonan berkurang. Konsistensi adonan yang diperlukan untuk krekers dengan proses fermentasi berupa adonan dengan pembentukan gluten sedang. Konsistensi adonan ini didapatkan dengan penggunaan fat yang tinggi diikuti dengan proses *sheeting* dan laminasi. Proses pengolahan krekers disesuaikan dengan karakteristik akhir dan jenis krekers yang akan diproduksi. Produk snack krekers yang dijual dipasaran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Snack Krekers

Snack krekers dengan tipe ‘TUC’, ‘Ritz’ dan *savoury* krekers menggunakan enzim proteolitik dan pada proses pengolahannya tanpa melalui proses fermentasi. Pada umumnya ingredient yang digunakan meliputi terigu, minyak sawit, pengembang (*ammonium hydrogen carbonate*, *monocalcium phosphate*, *potassium hydrogen carbonate*), garam, tepung *barley malt*, sirup glukosa-fruktosa, regulator asam (*potassium chloride*, *sodium gluconate*). Ingredient tersebut dicampur sampai membentuk adonan kemudian didiamkan untuk memberi waktu enzim bereaksi dengan gluten. Waktu pendiaman sekitar 3.5 – 4 jam pada suhu 32<sup>0</sup>C dan RH 70-80%. Penentuan waktu yang dibutuhkan sampai enzim mampu memodifikasi gluten disesuaikan dengan jumlah enzim dan kualitas tepung. Proses berikutnya adalah laminasi dengan 4-6 lapisan untuk mencapai ketebalan akhir 3 mm. Proses laminasi ini tanpa pemberian tepung di setiap lapisan, dilanjutkan dengan *sheeting* dan *cutting*. Kemudian dipanggang selama 3.5-4.0 menit melalui mesin *conveyor* dengan zona suhu pemanggangan 220/230/240/240/220<sup>0</sup>C. *Zoning* suhu ini ditujukan untuk mendapatkan tekstur *crispy* pada snack krekers. Spesifikasi produk krekers yang diinginkan adalah krekers berbentuk bulat dengan diameter 48.00 mm, ketebalan 4.9 mm, berat 3.0 g, warna keemasan, tekstur ringan dan *crispy*, pH 5.5 dan kadar air 1.3 – 2.0%. Proses pengolahan snack krekers tersebut merupakan standar untuk formulasi menggunakan terigu. Apabila snack krekers menggunakan formulasi dengan tepung bebas gluten, maka proses dan parameter pengolahan harus disesuaikan dengan karakteristik dan inkorporasi ingredient dalam formulasi tersebut. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Han *et al* (2010) pada proses pengolahan snack krekers dengan 100% tepung *pulse*. Proses produksi snack krekers dari tepung *pulse* secara komersial dapat dilihat pada diagram 1.

Formulasi dengan tepung *pulse* terdiri dari ingredient kering yaitu *pulse* ingredient, bahan pengembang, garam, hidrokoloid gum (*xanthan gum*) dicampur dalam mixer dengan kecepatan tinggi. Secara terpisah, ingredient kering berupa air, minyak dan gula dicampur dalam mixer sampai terbentuk emulsi. Secara bertahap campuran ingredient kering dicampur dengan emulsi sampai terbentuk adonan. Istirahatkan adonan selama 10 menit dalam suhu ruang, dilanjutkan membentuk adonan menjadi lembaran (*sheeting*). *Sheeting* melalui tahapan memasukkan adonan dalam silinder stainless dengan jarak roll 6 mm sebanyak dua kali dan berikutnya dengan jarak roll 2 mm. Pada komersial produksi, lembaran adonan krekers dibentuk dengan *cutting* menggunakan 3 cara yaitu *four-dot-mold-shapping*, *one-dot-mold shapping* dan *wire cut shapping*. *One-dot-mold-shapping* dan *four-dot-mold-shapping* merupakan pembentukan krekers dengan silinder roll *cutter* yang menghasilkan krekers dengan satu dan empat lubang. Sedangkan *wire cut shapping* merupakan pembentukan krekers dengan pemotongan adonan di *conveyor* secara horisontal. Adonan krekers yang telah dibentuk dipanggang kemudian didinginkan dengan *forced air cooling* diikuti dengan pengemasan produk snack krekers dan pengujian.

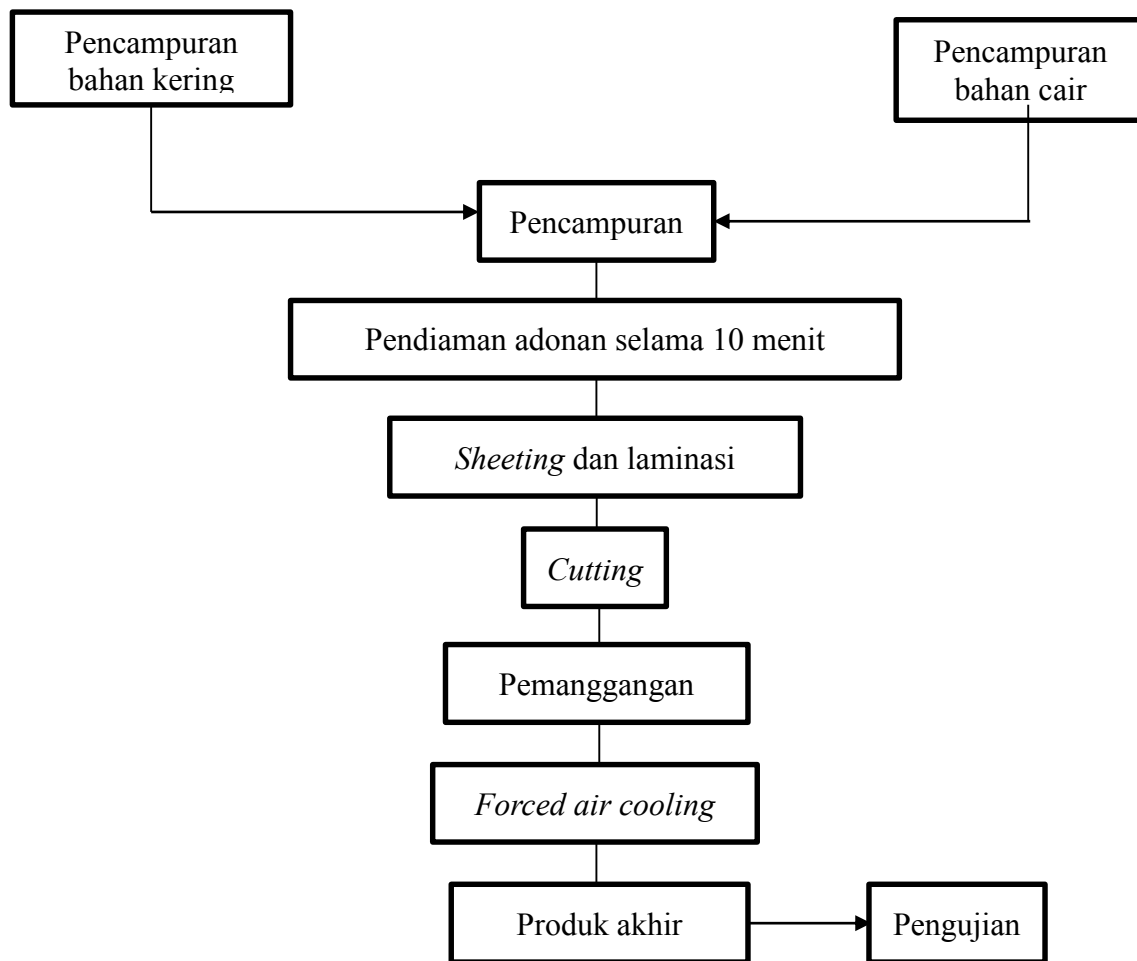


Diagram 1. Proses Pengolahan Snack Krekers dari Tepung *Pulse*

Pengujian snack krekers meliputi analisa warna dan tekstur profil diikuti dengan pengujian sensoris untuk mengetahui penerimaan konsumen terhadap produk snack krekers dari tepung *pulse*. Hasil pengujian tersebut menjelaskan bahwa proses pembentukan adonan krekers dengan *mold shaped* dan *wire cut shaped* mempengaruhi tekstur krekers. Diameter dan ketebalan krekers bervariasi tergantung dari proses pembentukan saat *cutting* sehingga berpengaruh pada *first break distance* dan *peak force* pada analisis tekstur. Karakteristik fisik yang dapat diterima oleh konsumen dan sesuai dengan produk komersial adalah krekers yang dibentuk dengan *mold shaped*.

### 3. Tantangan pengembangan krekers sorgum sebagai krekers bebas gluten

Kesadaran masyarakat untuk mengkonsumsi snack sehat memicu perusahaan makanan untuk mengembangkan teknologi dan formulasi yang disesuaikan dengan kebutuhan pasar. Pemenuhan segmentasi pasar terhadap snack crackers tidak lepas dari *brand* dan label yang memberikan nilai tambah dalam hal nutrisi maupun fungsional. Label sebagai snack crackers bebas gluten dengan segmentasi pasar penderita celiac dapat divalidasi dari bahan yang digunakan, proses pengolahan maupun bahan tambahan pangan pada formulasi snack. Pengembangan formulasi maupun teknologi pengolahan diharapkan mampu mengurangi resiko-resiko negatif bagi penderita celiac. Menurut Anton dan Artfield *et al* (2008), mengembangkan formulasi produk bebas gluten merupakan tantangan bagi nutritionis dan teknologis dalam hal substitusi ingredient pada formulasi yang tinggi nutrisi dan sifat fungsional. Pertimbangan pemilihan tepung sorgum sebagai substitusi ingredient

dapat dilihat dari komposisi dan kandungan tepung sorgum maupun sifat fungsional yang akan berpengaruh terhadap reologi adonan krekers. Sorgum memiliki komponen antinutrisi seperti tanin, *phytate*, *trypsin*, *enzym inhibitor* dan *protein crosslinker*. Selain itu sorgum juga tidak memiliki gluten yang berperan dalam pembentukan adonan krekers. Maka dari itu perlu adanya kajian lebih lanjut dengan *pretreatment* sorgum untuk menghilangkan komponen antinutrisi dan meningkatkan reologi sorgum pada aplikasi krekers.

a. *Pretreatment* sorgum untuk mengurangi komponen antinutrisi dan meningkatkan *bioavailability*

Sorgum memiliki nilai nutrisi yang tinggi dengan adanya jumlah nutrien dan fitokimia antara lain fiber, protein, karbohidrat, vitamin, *phenolic* dan mineral. Akan tetapi ada beberapa komponen antinutrisi dari sorgum antara lain tanin, *phytate*, *enzym inhibitor* dan protein *crosslinker* yang bertanggung jawab menghambat daya cerna protein dan *bioavailability* mineral (Rashwan *et al.*, 2021). Protein pada *periphery* dapat juga melakukan *crosslinked* dengan protein sorgum. Gamma dan beta kafirin pada *periphery* dapat mengurangi daya cerna protein sorgum. Hal tersebut disebabkan interaksi antara gamma atau beta kafirin dan alfa kafirin (Duodu *et al.*, 2003).

Beberapa alternatif *pretreatment* untuk mengurangi komponen antinutrisi telah dilakukan dalam beberapa penelitian. *Pretreatment* yang paling efektif dilakukan dengan cara perendaman, perkecambahan, fermentasi, proses pemanasan dapat mengurangi efek negatif dari antinutrisi dan dapat meningkatkan availabilitas dan sifat fungsionalnya Fermentasi merupakan treatment yang paling bagus diikuti dengan kombinasi perendaman, perkecambahan dan nixtamalisasi (Rashwan *et al.*, 2021).

Hal tersebut didukung dengan penelitian Garz'on *et al.* (2020) yang menunjukkan fermentasi dengan bakteri asam laktat memodifikasi asam *phenolic* dan meningkatkan asam  $\gamma$ -amino butiric pada sorgum merah sebesar 20% dan pada sorgum putih sebesar 30%. *Bioaccessibility* intestinal dari asam  $\gamma$ -aminobutiric sebesar 30% pada sorgum merah dan putih (Garz'on *et al.*, 2020).

*Pretreatment* lain yang dapat mengoptimalkan fermentasi meliputi perendaman, perkecambahan dan nixtamalisasi. Perendaman merupakan salah satu *pretreatment* proses murah yang meningkatkan kualitas *raw material* dalam industri pangan. Selama perendaman sorgum dalam air, proses penyerapan air membantu aktivasi enzim dan mengurai cadangan makanan sehingga mampu mengurangi komponen antinutrisi pada biji sorgum. (Eltayeb *et al.*, 2017). Perkecambahan merupakan salah satu metode yang umum dan memberikan hasil signifikan dalam peningkatan *palatability* dan karakteristik nutrisi dari sereal yang dikonsumsi. *Palatability* dan karakteristik nutrisi muncul dengan adanya pemecahan antinutrisi tertentu seperti *phytate*, tanin, dan *enzyme inhibitors* (Afify *et al.*, 2012; Nkhata *et al.*, 2018).

Nixtamalisasi atau termo-alkali hidrolisis (pemasakan dalam  $\text{Ca(OH)}_2$ ; NaOH) meningkatkan profil asam amino dan menghilangkan antinutrien pada sorgum. Selain itu juga meningkatkan *bioaccessibility* protein sorgum, depolimerisasi dari tanin yang terkondensasi dan memecah kompleks protein-tanin. (Cabrera-Ramírez *et al.*, 2020) Penelitian tersebut sesuai dengan hasil penelitian Lozardo-Ocampo *et al* (2020) yang menyatakan bahwa pemasakan dalam larutan alkali memodifikasi *bioaccessibility* komponen sorgum, menurunkan faktor antinutrisi dan meningkatkan kapasitas antioksidan. Nixtamalisasi merupakan metode paling efektif untuk menurunkan tanin sebesar 74.3%.

b. Rheology adonan tepung sorgum

Pemanfaatan sorgum pada produk krekers dapat dilakukan dengan pendekatan karakterisasi produk *bakery* dengan bahan dasar tepung sorgum. Beberapa penelitian dapat dijadikan referensi pada pemanfaatan sorgum sebagai substitusi terigu pada produk roti, biskuit, dan krekers. Hasil penelitian de Lacerda de Oliveira *et al* (2021) menunjukkan bahwa tepung

sorghum merah tanpa tanin (BRS 332) sebagai substitusi terigu (22%) menghasilkan roti bebas gluten yang diterima secara sensoris dan memiliki kandungan *intermediate* antioksidan. Tepung sorgum memberikan efek terhadap kualitas roti pada *specific volume* dan struktur *crumb*. Hal ini dipengaruhi kekerasan kernel, komposisi *pericarp*, sifat pati, kafirin dan kandungan *phenol*.

Mtelisi *et al* (2020) menyatakan bahwa *assessment* reologi merupakan metodologi paling ideal yang digunakan untuk indikator estimasi kualitas dan tekstur produk *bakery*. Komposisi, kandungan dan pemilihan *hybrid* sorgum merupakan hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan formulasi roti. Substitusi tepung sorgum yang meningkat mengakibatkan kualitas reologi yang menurun. Sehingga diperlukan inkorporasi hidrokoloid dan penentuan proporsi tepung sorgum sebesar 20-30% terhadap terigu. Adedara *et al* (2020) melakukan penelitian tentang peran kafirin prolamin protein, gelatinisasi pati dan gula pada aplikasi biskuit sorgum. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa kafirin lebih bersifat hidrofobik dan *inert* dibandingkan dengan protein gluten. Protein kafirin tetap utuh meskipun diberi perlakuan hidrotermal atau pemecahan selama mixing adonan.

Penelitian Oom *et al* (2008) mempelajari sifat reologi dari sistem viskoelastisitas adonan. Penelitian ini menunjukkan ketika kafirin dicampur dengan pati dan air, adonan yang memiliki karakteristik gluten tidak terbentuk. Peneliti menyimpulkan ketidakmampuan kafirin membentuk adonan viskoelastis disebabkan sifatnya yang sangat hidrofobik (menghambat fungsi hidrasi dan plastisasi). Hal tersebut membuktikan bahwa kafirin memiliki tingkat hidrasi yang rendah sehingga perlu adanya modifikasi untuk meningkatkan viskoelastisitas adonan. Peningkatan viskoelastisitas adonan dapat dilakukan dengan penambahan fungsional ingredien.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa inkorporasi hidrokoloid, persentase tepung sorgum dan penambahan fungsional ingredien menentukan viskoelastisitas dan reologi adonan yang tepat untuk produk krekers. Untuk mendapatkan kualitas krekers yang baik perlu diperhatikan parameter konsistensi dan viskoelastisitas adonan maupun profil tekstur produk krekers. Tabel 1 menunjukkan parameter evaluasi kualitas krekers yang dapat dibedakan dalam dua klasifikasi yaitu krekers geometri dan profil tekstur.

Tabel 1. Parameter Evaluasi Kualitas Krekers

No.	Parameter	Penjelasan	Target Nilai	Sifat reologi dan tekstur
	Krekers Geometri			
	a. <i>Cookie factor</i> (Wd/H)	Hubungan antara lebar terhadap tinggi	Tinggi	Karakterisasi resistansi dan kekuatan adonan (rasio extensibilitas, <i>alveograf tenacity</i> (P), energi deformasi (W) dan <i>zero shear viscosity</i> ( $\eta_0$ ). <i>Dough strength</i> (W) tinggi berpengaruh terhadap <i>cookie factor</i> rendah yang menghasilkan krekers yang tebal.
	b. <i>Modified cookie crackers</i> (WdL/10H)	Rasio <i>mean</i> antara lebar dan	Tinggi	<i>Dough strength</i> (W) tinggi berpengaruh terhadap <i>modified</i>

		panjang terhadap 10 buah krekers yang ditumpuk		<i>cookie factor</i> rendah yang menghasilkan krekers yang tebal.
	c. <i>Snap back</i> (Wd/L)	Tingkat penyusutan adonan selama baking	Rendah	<i>Alveograph tenacity</i> (P), <i>alveograph curve configuration ratio</i> (P/L), <i>dough zero shear viscosity</i> ( $\eta_0$ ) dan <i>relative recovery</i> (Je/Jmax).
	d. <i>Ratio height and dough weight</i> (H/Dwt)	Rasio antara tinggi krekers dengan berat adonan perbuah.	Tinggi	Menggambarkan pengembangan adonan krekers saat dioven. Berat adonan berhubungan dengan tinggi krekers dan <i>baking loss</i>
	- <i>Weight dough piece</i> (DWt)	Berat adonan per krekers	Rendah	Berhubungan dengan penyerapan air tepung
	- <i>Height dough piece</i> (H)	Tinggi adonan per krekers	Tinggi	Berhubungan dengan elastisitas adonan. Adonan elastis menghasilkan adonan yang tinggi
2.	Profil tekstur			
	a. <i>Hardness</i>	Tingkat kekerasan krekers	Rendah	Total area dan <i>peak force</i> sebagai indikator
	b. <i>Fracturability</i>	Tingkat keretakan pada krekers	Rendah	<i>Distance</i> sebagai indikator
	c. <i>Stiffness</i>	Tingkat kekakuan pada krekers	Rendah	<i>Slope</i> sebagai indikator
	d. <i>Hardness</i>	Tingkat kekerasan krekers	Rendah	Total area dan <i>peak force</i> sebagai indikator

Sumber : Filipcev *et al.*, 2013

Kualitas krekers yang baik meliputi karakteristik krekers yang ringan dan tipis, struktur secara umum tidak keras tetapi renyah dan memiliki *oven spring* yang tinggi dan merata. *Oven spring* yang tinggi berkaitan dengan adonan yang tidak terlalu kuat (nilai *dough strength* rendah) tetapi memiliki kualitas gluten yang baik. Keseimbangan antara adonan yang kurang elatis, struktur adonan yang lemah tetapi memiliki tekstur lembut sangat diperlukan pada pembentukan adonan. Resistensi dari adonan tersebut menentukan pengembangan adonan dalam oven.

#### 4. Pengembangan Formulasi Snack Krekers Sorgum

Penelitian menunjukkan bahwa persentase penggunaan tepung sorgum dan penambahan hidrokoloid maupun enzym mampu memperbaiki konsistensi adonan sesuai dengan parameter krekers dan karakteristik reologi yang diinginkan di Table 1. Reddy *et al.* (2019) menyatakan bahwa substitusi tepung sorghum terhadap terigu sebesar 70% menghasilkan krekers sorgum yang bisa diterima dari segi nutrisi maupun sensoris. Han *et al.* (2010) melakukan penelitian yang dimulai dari uji *preliminary* ingredien dan pengembangan formulasi pada snack krekers bebas gluten menggunakan



tepung *pulse*. Jenis *pulse* meliputi lentil, kacang buncis, kacang polong dan kacang garbanzo. Uji *preliminary* ingredien dilakukan untuk melihat inkorporasi tiap jenis *pulse* pada adonan sehingga menghasilkan adonan yang mudah dihandling selama *mixing* dan *sheeting*. Peran gluten penting dalam pembentukan adonan dan berkontribusi pada tekstur krekers. Pada krekers bebas gluten perlu ditambahkan ingredien dengan sifat fungsional yang mampu menggantikan *baking* ingredien dan *improvers* meliputi pati beras pregelatinisasi, xanthan gum, CMC, HPMC, hidrokoloid, surfaktan dan *maltodextrin*. Pada penelitian ini ditambahkan xantan gum kurang dari 1% pada simulasi komersial produksi. Penggunaan xanthan gum kurang dari 1% pada formulasi bebas gluten dengan 100% tepung *pulse* menghasilkan snack krekers dengan karakteristik fisik yang hampir sama dengan snack krekers yang dijual di market.

Tabel 2 menunjukkan referensi persentase ingredien yang digunakan pada formulasi bebas gluten pada produk *bakery*. Bahan tambahan pangan lain yang umum digunakan berasal dari jenis hidrokoloid berupa gum arab, guar gum dan xanthan gum. Sedangkan penstabil yang digunakan berupa HPMC dan CMC. Informasi pada Tabel 2, dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan formulasi snack krekers bebas gluten.

Tabel 2. Penelitian Produk Bakery Bebas Gluten

Produk	Ingredien	Bahan tambahan pangan	Sifat Fungsional	Referensi
Krekers	Tepung <i>whole barley</i> (0, 25, 50, 75%)	Gum arabic 1 and 2 % Guar gum 1 and 2% Xanthan gum 1 and 2 %	Gum Arabic paling efektif meningkatkan <i>stack height</i> dan <i>specific volume</i> krekers Xanthan gum lebih efektif untuk memodifikasi struktur internal krekers	Hou <i>et al</i> (2013)
Krekers	Tepung <i>pulse</i> 100%	0.6 – 0.8 % (kurang dari 1%) xanthan gum	Adonan yang dihasilkan memiliki <i>mechanical handling</i> yang bagus ( <i>mixing</i> dan <i>sheeting</i> ).	Han <i>et al</i> (2010)
Krekers	Tepung <i>Sour cassava</i> , tepung beras, <i>whole grain buckwheat</i>	1% CMC gum and 1 % xanthan gum	Krekers yang dihasilkan memiliki warna cerah, flavor dan tekstur yang baik. Penambahan CMC dan xanthan gum 1% menghasilkan krekers yang dapat diterima.	Dick <i>et al</i> (2020)

Roti	Teoung beras : tepung <i>Buckwheat</i> 60:40	Xanthan gum (XG) 0.5; 1; 1.5% Propylene glycol alginate (PGA) 0.5; 1; 1.5%	Meningkatkan <i>specific volume</i> , menurunkan <i>crumb firmness</i> dan struktur <i>crumb</i> pada penambahan PGA. Penambahan XG dan PGA meningkatkan <i>storage modulus</i> (G') adonan	Peressini <i>et al</i> (2011)
Roti	<i>Buckwheat</i> , <i>teff</i> , tepung beras, <i>maizena</i>	Xanthan gum 0 – 2% HPMC 0 – 2%	Penambahan HPMC pada <i>teff</i> dan <i>maizena</i> meningkatkan volume roti. <i>Crumb hardness</i> menurun pada roti <i>maizena</i> dengan penambahan xanthan gum	Hager <i>et al</i> (2013)
Roti	Tepung <i>dehulled buckwheat</i> (DBF) dan tepung <i>puffed buckwheat</i> (PBF)	HPMC 0.5%	0.5% HPMC and 40% DBF meningkatkan tinggi dan <i>specific volume</i> roti. Crumb roti lebih lembut dan adonan lebih mengembang.	Mariotti <i>et al</i> (2013)
Cookies	Rice flour	CMC 0.2-1%	Penambahan 0.8% CMC menghasilkan cookies dengan kualitas baik. Resistant starch tinggi, rendah predicted glycemic index dan glycemic load	Naseer <i>et al</i> (2021)
Biscuit	Tepung <i>White beans</i> Tepung <i>Brown rice</i> Tepung <i>Cooked polished rice</i>	Xanthan gum 2%	Memiliki kadar air dan viskoamilografis profil yang hampir sama dengan terigu. Penerimaan paling tinggi untuk semua atribut.	Wesley <i>et al</i> (2021)

Sesuai dengan beberapa penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa persentase bahan tambahan pangan untuk memperbaiki reologi adonan dalam hal viskoelastisitas adalah dengan penambahan 0-2% xanthan gum dan HPMC, 0-1% CMC, 1-2% gum arab dan guar gum, 0 – 1.5% propylene glycol alginate. Penggunaan tepung sorgum dapat digunakan lebih dari 50% dikombinasikan dengan tepung bebas gluten lainnya seperti dari jenis legume atau cereal. Penggunaan tepung sorgum pada snack krekers dilakukan dengan penyesuaian formulasi tanpa penggunaan enzim proteolitik. Selain itu, proses pengolahan lebih efisien dengan waktu pendiaman adonan yang lebih singkat disesuaikan dengan konsistensi adonan yang ingin dicapai. Konsistensi adonan yang tepat dapat dilihat dari kadar air akhir adonan sebesar 15–25%. Alternatif lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan viskoelastisitas adonan adalah dengan penambahan fungsional ingredien.

Fungsional ingredien yang dapat digunakan pada formulasi snack krekers adalah isolat protein, fiber, hidrokoloid dan emulsifier untuk meningkatkan kualitas pemanggangan snack krekers bebas gluten. Kombinasi isolat protein dan hidrokoloid dalam formulasi krekers bebas gluten dapat menghasilkan snack krekers yang memiliki tekstur *soft* dan *crispy*. Isolat protein yang dapat digunakan antara lain isolat protein kedelai, isolat protein *pea* dan isolat protein *whey*. Hidrokoloid yang berperan sebagai *binder* dan *improver* antara lain carboxymethylcellulose, hydroxylpropylmethylcellulose, xanthan gum dan guar gum mampu meningkatkan *puffiness* dan *hardness* krekers. Penambahan 1, 1.5 dan 2% CMC, 1.5 dan 2% HPMC dan 0.25, 0.5 dan 0.75% xanthan terbukti meningkatkan *puffiness* (Xu *et al*, 2020). Nammakuna *et al* (2015) melakukan penelitian produk krekers bebas gluten menggunakan campuran tepung beras rendah amilosa, tepung beras *waxy* dan pregelatinisasi pati tapioka dengan penambahan isolat protein (isolat protein kedelai, *pea* dan *whey*) atau hidrokoloid (CMC, HPMC dan xanthan gum).

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi hidrokoloid dan isolat protein menghasilkan adonan krekers dengan nilai *storage modulus* ( $G'$ ) yang tinggi sehingga adonan mudah diuleni dan dibentuk lembaran karena adonan lebih elastis. Penambahan 10% isolat whey protein dan 0.5% xanthan gum pada campuran tepung menghasilkan nilai  $G'$  mendekati 100% terigu sehingga memiliki sifat viskoelastisitas, karakteristik tekstur dan sifat reologi yang hampir sama dengan adonan dari 100% terigu sebagai kontrol. Optimasi penambahan hidrokoloid dan ingredien fungsional lainnya perlu didukung dengan penelitian lebih lanjut. Penelitian tersebut lebih difokuskan pada penemuan ingredien fungsional yang tepat untuk menggantikan fungsi gluten terigu. Pengembangan snack krekers bebas gluten ini diharapkan mampu menanggulangi keterbatasan teknologi, kualitas nutrisi dan sifat sensoris secara berkesinambungan.

## 5. Kesimpulan

Sorgum merupakan pilihan ingredien yang tepat pada aplikasi snack krekers bebas gluten bagi penderita celiac. Komponen fenolik yang terdapat dalam sorgum antara lain *3-deoxyanthocyanin*, *proanthocyanidins*, *flavones* dan *flavanones* berperan sebagai antioksidan, antikarsinogen dan mencegah penyakit kardiovaskuler memberikan manfaat kesehatan pada snack krekers. Nilai fungsional dan nutrisi dapat ditingkatkan dengan pretreatment untuk menghilangkan komponen antinutrisi (tanin, *phytate*, *trypsin*, *enzym inhibitor* dan *protein crosslinker*) pada sorgum. Fermentasi diikuti dengan kombinasi perendaman, perkecambahan dan nixtamalisasi merupakan pretreatment yang optimal. Parameter kualitas snack krekers sorgum meliputi viskoelastisitas dan reologi adonan, pemilihan proses pengolahan yang tepat dan modifikasi formulasi dengan penambahan hidrokoloid, ingredien fungsional atau kombinasi keduanya. Optimasi parameter tersebut dilakukan dengan tahapan uji preliminary ingredien dan pengembangan formulasi. Pemilihan ingredien meliputi persentase substitusi tepung, penambahan ingredien fungsional dan hidrokoloid merupakan cara untuk memodifikasi sifat fungsional sehingga mendapatkan viskoelastisitas dan reologi adonan yang tepat pada snack krekers. Pengembangan snack krekers bebas gluten ini diharapkan mampu menanggulangi keterbatasan teknologi, kualitas nutrisi dan sifat sensoris secara berkesinambungan.

### Daftar Pustaka

- Abdualrahman, M.A.Y., Ma, H., Yagoub, A.E.A., Zhou, C., Ali, A.O., dan Yang, W. 2017. Nutritional value, protein quality and antioxidant activity of Sudanese sorghum-based kissra bread fortified with bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*) seed flour. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.
- Adedara, O.A. dan Taylor, J.R.N.,. 2020. Roles of protein, starch and sugar in the texture of sorghum biscuits. LWT - Food Science and Technology
- Afify, AE-MMR, El-Beltagi, H.S., Abd El-Salam S.M., Omran, A.A. 2012. Protein Solubility, Digestibility and Fractionation after Germination of Sorghum Varieties. PLoS ONE 7(2): e31154
- Afrin, S. dan Sidhu, S. 2021. In vitro study to evaluate antiinflammatory properties of sorghum extract supplemented bread. Future Foods.
- Anton, A.A. dan Artfield, S.D. 2008. Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. International Journal of Food Sciences and Nutrition. February 2008; 59(1): 11-23
- Cabrera-Ramírez, A.H., Luzardo-Ocampo, I., Ramírez-Jiménez, A.K., Morales-Sánchez, E., Campos-Vega, R., Gaytán-Martínez, M. 2020. Effect of the nixtamalization process on the protein bioaccessibility of white and red sorghum flours during in vitro gastrointestinal digestion. Food Research International
- Ciaccia, C., Maiuri, L., Caporasob, N., Buccia, C., Giudiced, L.D., Massardod, D.R., Pontierid, P., Fonzoe, N.D., Beanf, S.R., Ioergerf, B., dan Londeib, M. 2007. Celiac disease: In vitro and in vivo safety and palatability of wheat-free sorghum food products. Clinical Nutrition (2007) 26, 799–805
- Davidson, I. 2019. Biscuit, Cookie and Cracker Production Process: Production and Packaging Equipment. Academic Press, United Kingdom
- de Lacerda de Oliveira, Lí., Theodoro de Oliveira, G., Rodrigues de Alencar, E., Vieira Queiroz, V.A., Flávio de Alencar Figueiredo, Lú.. 2021. Physical, chemical, and antioxidant analysis of sorghum grain and flour from five hybrids to determine the drivers of liking of gluten-free sorghum breads. LWT - Food Science and Technology
- de Mesa-Stonestreet, N.J., Alavi, S dan Bean, S.R. 2010. Sorghum Proteins: The Concentration, Isolation, Modification, and Food Applications of Kafirins. Journal of Food Science. 75(5) R90-R104
- Dicka, M., Limbergera, C., Thysb, R.C.S., Riosa, A. and Flôresa, S.H. 2020. Mucilage and cladode flour from cactus (*Opuntia monacantha*) as alternative ingredients in gluten-free crackers. Food Chemistry 314 (2020) 126178
- Duodu, K.G., Taylora, J.R.N., Beltonb, P.S., dan Hamakerc, B.R. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility. Journal of Cereal Science 38 (2003) 117–131
- Eltayeb, L.F.E.F, Mohamed, M.A.S dan Fageer, A.S.M. 2017. Effect of Soaking on Nutritional Value of Sorghum (*Sorghum bicolor L*). International Journal of Science and Research, 6 (11)
- Filipev, B., Simurina, O., Bodroza-Solarov, M. dan Brkljaca, J. 2013. Dough rheological properties in relation to cracker-making performance of organically grown spelt cultivars. International Journal of Food Science and Technology, 48, 2356–2362
- Garzón, A.G., Van de Velde, F., dan Drago, S.R. 2020. Gastrointestinal and colonic in vitro bioaccessibility of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) and phenolic compounds from novel fermented sorghum food. LWT - Food Science and Technology 130 (2020) 109664
- Hager, A.S and Arendt, E.K. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain

- characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids* 32 (2013) 195-203
- Han, J., Janz, J.A.M and Gerlat, M. 2010. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International* 43 (2010) 627–633
- Hou, G.G., Li, J. dan Chen, Z. 2013. Whole Grain Saltine Crackers: Formulation, Processing, and Quality Improvements. *Cereal Food World*. July–August 2013, 58:4
- Jnawali, P., Kumar, V., dan Tanwar, B. 2016. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Science and Human Wellness* 5 (2016) 169–176
- Mariotti, M., Pagani, M.A., dan Lucisano, M. 2013. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids* 30 (2013) 393-400
- Marston, K., Khouryieh, H., dan Aramouni, F. 2016. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT - Food Science and Technology* 65 (2016) 637-644
- Mehtab, W., Sachdev, V., Singh, A., Agarwal, S., Singh, N., Malik, R., Malhotra, A., Ahuja, V., dan Makharia, G. 2021. Gluten content in labeled and unlabeled gluten-free food products used by patients with celiac disease. *European Journal of Clinical Nutrition*.
- Monthe, O.S., Grosmaire, L., Nguimbou, R.M., Dahdouh, L., Ricci, J., Tran, T. dan Ndjouenkeu, R. 2018. Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. *LWT - Food Science and Technology*
- Mtelisi, D.N., Xu, F. dan Zhao, R. 2020. The efficacy of sorghum flour addition on dough rheological properties and bread quality: A short review. *Grain & Oil Science and Technology*
- Myhrstad, M.C.W, Slydahl, M., Hellmann, M., Garnweidner-Holme, L., Lundin, K.E.A, Henriksen, C. dan Telle-Hansen, V.H. 2021. Nutritional quality and costs of gluten-free products: a case-control study of food products on the Norwegian marked. *Food & Nutrition Research* 2021, 65: 6121
- Nammakuna, N., Barringer, S.A. dan Ratanatriwong, P. 2015. The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Science & Nutrition* 2016; 4(2): 143–155
- Naseer, B., Naik, H.R., Hussain, S.Z., Zargar, I., Beenish, Bhat, T.A., dan Nazir, N. 2021. Effect of carboxymethyl cellulose and baking conditions on in-vitro starch digestibility and physico-textural characteristics of low glycemic index gluten-free rice cookies. *LWT - Food Science and Technology* 141 (2021) 110885
- Nkhata, S.G., Ayua, E., Kamau, E.H dan Shingiro, J-B. 2018. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science Nutrition* 2018; 00:1–13
- Luzardo-Ocampo, I, Ramírez-Jiménez, A.K., Cabrera-Ramirez, A.H., Rodríguez-Castillo, N., Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Gaytán-Martínez, M. 2019. Impact of cooking and nixtamalization on the bioaccessibility and antioxidant capacity of phenolic compounds from two sorghum varieties. *Food Chemistry*.
- Ooma, A., Pettersson, A., Taylor, J.R.N., dan Stading, M. 2008. Rheological properties of kafirin and zein prolamins. *Journal of Cereal Science* 47 (2008) 109–116
- Pressini, D., Pin, M., dan Sensidoni, A. 2011. Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* 25 (2011) 340-349
- Rashwan, A.K., Yones, H.A., Karim, N., Taha, E.M., dan Chen, W. 2021. Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: An update and comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology* 110 (2021) 168–182

- Reddy, P.A., Pranusha, G., Rao, G.L., dan Reddy, A.N. 2019. Development and Analysis of Sorghum Crackers. *International Journal of Science and Research Science and Technology*. March-April-2019, 6 (2): 26-31
- Rose, D.J., Williams, E., Mkandawire1, N.L., Weller, C.L., dan Jackson, D.S. 2013. Use of whole grain and refined flour from tannin and non-tannin sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties in frybread. *Food Science and Technology International* 20(5) 333–339
- Wang, Y., Trani, A., Knaapila, A., Hietala, S., Coda, R., Katina, K., Maina, N.H. 2020. The effect of in situ produced dextran on flavour and texture perception of wholegrain sorghum bread, *Food Hydrocolloids*.
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W. dan Li, Y. 2020. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology* 103 (2020) 200–213
- Wesley, S.D., Andre, B.H.M., dan Clerici, M.T.P.S. 2021. Gluten-free rice & bean biscuit: characterization of a new food product. *Heliyon* 7 (2021) e05956