

KAJIAN METODE PENGGORENGAN *FRENCH FRIES* UNTUK MEMINIMALISIR KANDUNGAN LEMAK DAN AKRILAMIDA

STUDY OF FRYING METHODS FOR FRENCH FRIES TO MINIMIZE FAT AND ACRYLAMIDE CONTENT

Dea Bella Virginia Salim

Mahasiswa Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

foodtech.dea.b.20@ukwms.ac.id

Abstrak

Kentang (Solanum tuberosum L.) merupakan salah satu tanaman pangan yang berasal dari umbi-umbian dan dapat dijadikan makanan pokok setelah padi, jagung, dan gandum. Kentang dapat diolah menjadi berbagai macam produk, salah satunya adalah french fries. Tingginya kandungan lemak dan akrilamida pada french fries dapat menyebabkan masalah kesehatan, seperti obesitas dan kanker. Oleh karena itu, untuk meminimalisir kandungan lemak dan akrilamida pada french fries, maka diperlukan metode penggorengan yang dapat meminimalisir penggunaan minyak sebagai media penggorengan. Tujuan dari mini review ini adalah untuk mengkaji metode penggorengan kentang yang dapat meminimalisir terbentuknya akrilamida dan menghasilkan french fries rendah lemak. Parameter yang dikaji dalam kajian ini meliputi kandungan akrilamida, kadar lemak, dan warna french fries dengan berbagai metode penggorengan. Metode penggorengan yang dikaji meliputi deep fat frying, microwave frying, vacuum frying, dan air frying. Metode penggorengan vacuum frying merupakan metode penggorengan yang paling efektif untuk meminimalisir terbentuknya akrilamida dan menghasilkan french fries dengan warna yang paling cerah, sedangkan metode penggorengan air frying merupakan metode penggorengan yang menghasilkan french fries dengan kandungan lemak yang paling sedikit.

Kata kunci: *french fries*, metode penggorengan, akrilamida, kadar lemak

Abstract

Potato (Solanum tuberosum L.) is one of the food crops derived from tubers and can be used as a staple food after rice, corn, and wheat. Potatoes can be processed into various products, one of which is french fries. The high content of fat and acrylamide in french fries can cause health problems, such as obesity and cancer. Therefore, to minimize the fat and acrylamide content in french fries, frying methods are needed that can minimize the use of oil as a frying medium. The purpose of this mini-review is to examine the method of frying french fries that can minimize the formation of acrylamide and produce low-fat french fries. Parameters studied in this study include acrylamide content, fat content, and color of french fries with various frying methods. The frying methods studied include deep fat frying, microwave frying, vacuum frying, and air frying. The vacuum frying method is the most effective frying method to minimize the formation of acrylamide and produce french fries with the brightest color, while the air frying method is a frying method that produces french fries with the least amount of fat.

Keywords: french fries, frying method, acrylamide, fat content

PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan salah satu tanaman pangan yang berasal dari umbi-umbian dan dapat dijadikan makanan pokok setelah padi, jagung, dan gandum. Kentang dapat diolah menjadi berbagai macam produk.

Beberapa produk olahan kentang di

Indonesia, yaitu donat kentang, perkedel, keripik kentang, dan *french fries*. *French fries* merupakan salah satu makanan olahan kentang yang banyak disukai oleh semua kalangan masyarakat, terutama anak-anak dan remaja. *French fries* banyak disukai karena rasanya yang gurih dan teksturnya yang renyah.

Tekstur yang renyah pada *french fries* dihasilkan dari proses penggorengan. Proses penggorengan dapat menentukan karakteristik *french fries*, seperti warna dan teksturnya (Oyedeji et al., 2017). Selain itu, proses penggorengan juga dapat mempengaruhi kandungan lemak dan timbulnya senyawa akrilamida yang tidak diinginkan pada *french fries* (Arslan et al., 2018). Proses penggorengan dengan suhu tinggi dan penggunaan minyak goreng dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan terjadinya penetrasi minyak ke dalam kentang yang menyebabkan tingginya kandungan lemak pada *french fries* (Touffet et al., 2020). Menurut Hidayati et al. (2021), *french fries* yang dihasilkan dengan menggunakan metode penggorengan konvensional memiliki kadar minyak yang tinggi yaitu sebesar 41,28%. Tingginya kandungan minyak ini dapat menyebabkan obesitas. Selain itu, proses penggorengan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang lama pada *french fries* juga dapat menyebabkan timbulnya akrilamida (Mesias et al., 2021). Akrilamida adalah senyawa karsinogenik yang ditimbulkan akibat proses pemanasan suhu tinggi dan kelembaban rendah pada makanan yang kaya akan karbohidrat (Rifai & Saleh, 2020). Akrilamida sangat berbahaya untuk kesehatan karena dapat menyebabkan timbulnya penyakit kanker (Kumar et al., 2018). Oleh karena itu, untuk meminimalisir kandungan lemak dan akrilamida pada *french fries*, maka diperlukan metode penggorengan yang dapat meminimalisir penggunaan minyak sebagai media penggorengan.

Umumnya, ada beberapa metode penggorengan yang dapat digunakan untuk menggoreng *french fries*. Metode tersebut antara lain *deep fat frying*, *microwave frying*, *vacuum frying*, dan *air frying*. Keempat metode penggorengan tersebut memiliki media pemanas yang berbeda. Media pemanas dari *deep fat frying*, *microwave frying*, dan *vacuum*

frying adalah minyak dengan jumlah yang berbeda-beda, sedangkan media pemanas dari *air frying* adalah udara panas. Tujuan dari *mini review* ini adalah untuk mengkaji metode penggorengan *french fries* yang dapat meminimalisir terbentuknya akrilamida dan menghasilkan *french fries* rendah lemak. Diharapkan setelah membaca *mini review* ini, pembaca dapat mengetahui, memilih, dan menerapkan metode penggorengan *french fries* yang dapat meminimalisir terbentuknya akrilamida dan rendah lemak.

METODE PENGGORENGAN

Proses penggorengan merupakan salah satu proses pengolahan yang paling umum dan praktis digunakan dalam mengolah berbagai makanan. Prinsip dari proses penggorengan sendiri adalah mengdehidrasi makanan dengan cara merendam makanan tersebut dalam minyak panas. Menurut Zaghi et al. (2019), proses penggorengan mempunyai beberapa keuntungan apabila dibandingkan dengan proses pengolahan pangan lainnya. Keuntungan tersebut adalah waktu pengolahan yang relatif lebih singkat, proses pengolahan yang lebih mudah, peningkatan kelezatan produk hasil penggorengan, dan kerusakan bahan pangan karena proses penggorengan relatif lebih kecil. Menurut Nizori & Mishra (2018), selama proses penggorengan terjadi perubahan karakteristik fisik, kimia, dan sensori makanan. Perubahan karakteristik fisik, kimia, dan sensori tersebut mempengaruhi tekstur, warna, dan kandungan minyak makanan. Selain itu, proses penggorengan juga menyebabkan hilangnya sebagian besar nutrisi makanan akibat adanya evaporasi, sementara beberapa senyawa baru terbentuk selama proses penggorengan akibat adanya interaksi makanan dengan minyak panas, seperti aroma dan akrilamida. Tekstur, warna, kandungan minyak, aroma, dan akrilamida pada makanan dapat dipengaruhi

oleh metode penggorengannya. Pada proses pengolahan kentang goreng, terdapat 4 metode penggorengan yang dapat digunakan, yaitu *deep fat frying*, *microwave frying*, *vacuum frying*, dan *air frying*. Prinsip keempat metode penggorengan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Prinsip setiap metode penggorengan

Metode Penggorengan	Prinsip
<i>Deep fat frying</i>	Menggoreng makanan dengan minyak yang banyak dan suhu yang tinggi.
<i>Microwave frying</i>	Menggoreng makanan dengan minyak dan gelombang mikro.
<i>Vacuum frying</i>	Menggoreng makanan dengan minyak dalam kondisi tekanan rendah.
<i>Air frying</i>	Menggoreng makanan dengan udara panas.

Sumber: Arafat (2015), Wang et al. (2021), & Liu et al. (2022)

Deep fat frying merupakan salah satu metode penggorengan konvensional yang paling umum. Prinsip dari metode ini adalah menggoreng makanan dengan cara merendam makanan tersebut di dalam minyak goreng panas pada suhu yang lebih tinggi dari titik didih air dan menghasilkan produk dengan kombinasi rasa dan tekstur yang unik (Nayak et al., 2015). Pada metode ini, minyak berperan sebagai media yang efektif untuk transfer energi dari sumber panas ke makanan. *Microwave frying* adalah metode penggorengan dengan menggunakan gelombang mikro. Prinsip dari *microwave frying* adalah gelombang mikro yang dihasilkan oleh *microwave* akan berinteraksi langsung dengan molekul air yang bersifat polar dalam makanan yang akan menghasilkan panas di seluruh volume makanan (Mashkour & Shahraki, 2012). *Vacuum frying* adalah proses penggorengan yang dilakukan pada tekanan jauh di bawah tekanan atmosfer. Kelebihan dari metode ini adalah suhu penggorengan yang digunakan adalah suhu rendah dan paparan oksigen yang minimal

sehingga dapat mengurangi efek buruk pada kualitas minyak, mempertahankan warna dan rasa, menurunkan kandungan akrilamida, dan mempertahankan senyawa nutrisi seperti vitamin dan mineral (Moreira, 2014). *Air frying* adalah alternatif penggorengan yang lebih sehat daripada *deep fat frying* karena dalam prosesnya tidak menggunakan minyak. *Air frying* memasak makanan melalui sirkulasi udara panas dengan teknologi udara cepat (Tewari et al., 2015).

KARAKTERISTIK *FRENCH FRIES* DARI BERBAGAI METODE PENGGORENGAN

Akrilamida Pada *French Fries*

Akrilamida merupakan senyawa yang bersifat karsinogenik, sitotoksik, dan neurotoksik yang terbentuk akibat reaksi maillard antara asparagin bebas dan gula reduksi seperti glukosa dan fruktosa (Slinde et al., 2020). Akrilamida berbentuk padatan kristal dengan ciri tidak berwarna, tidak mudah menguap, larut dalam air, dan memiliki berat molekul 71,08 kDa (Khan et al., 2019). Akrilamida terbentuk dalam berbagai macam makanan, terutama makanan kaya karbohidrat seperti kentang yang digoreng pada suhu di atas 120°C (Krishnakumar & Visvanathan, 2014). Selain pengaruh suhu, akrilamida juga dapat terbentuk akibat rendahnya kadar air dan lamanya waktu pemanasan (Negoita et al., 2022). Akrilamida sangat berbahaya bagi tubuh. Oleh karena itu, diperlukan cara untuk mengurangi terbentuknya akrilamida pada *french fries*. Salah satu cara untuk mengurangi terbentuknya akrilamida pada *french fries* yaitu dengan cara menggoreng kentang dengan suhu di bawah 120°C. Persentase pengurangan akrilamida pada *french fries* untuk setiap metode penggorengan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase pengurangan akrilamida pada *french fries* untuk setiap metode penggorengan

Metode Penggorengan	Persentase Pengurangan Akrilamida*
<i>Microwave frying</i>	37-83%
<i>Vacuum frying</i>	94%
<i>Air frying</i>	90%

*Apabila dibandingkan dengan *deep fat frying* (303-1068 µg/kg) (Mesias et al., 2019).

Sumber: Sansano et al. (2018), Banerjee & Sahu (2017), & Teruel et al. (2015)

Menurut Asokapandian et al. (2019), *deep fat frying* merupakan metode penggorengan yang paling tidak efektif untuk meminimalisir terbentuknya akrilamida. Hal ini dikarenakan pada metode ini digunakan suhu yang tinggi yang berkisar antara 140-180°C. Suhu tinggi yang didukung dengan penggunaan minyak yang banyak pada *deep fat frying* dapat menyebabkan timbulnya akrilamida (Tanganithandee et al., 2019). Akrilamida terbentuk oleh prekursor yang disebut akrolein (Ou et al., 2020). Menurut Michalak et al. (2020), akrolein diproduksi dalam minyak selama pemanasan di atas titik didih. Pada suhu tinggi, triasilgliserol dihidrolisis menjadi gliserol, dimana akrolein terbentuk sebagai akibat dari dehidrasi. Akrolein selanjutnya teroksidasi menjadi asam akrilat dan menghasilkan akrilamida dengan adanya asparagin. Pada proses ini, asam akrilat menyediakan sumber karbon dan asparagin menyuplai gugus asam amino. *Microwave frying* kurang dapat mengurangi pembentukan akrilamida apabila dibandingkan dengan *vacuum frying* dan *air frying*. Hal ini dikarenakan suhu yang digunakan dalam *microwave frying* lebih tinggi dibandingkan dengan *vacuum frying* dan *air frying*. Selain itu, penggunaan minyak pada metode ini juga lebih banyak daripada *vacuum frying* dan *air frying*. Hal ini berkaitan dengan media pemanas pada *microwave frying*. *Microwave frying* memiliki dua sumber energi untuk memanaskan makanan yang dapat secara

bersamaan memasak makanan, yaitu gelombang mikro dan minyak panas. Adanya 2 sumber energi ini menyebabkan proses penggorengan *french fries* membutuhkan waktu yang lebih cepat daripada *deep fat frying*. Hal ini menyebabkan *microwave frying* lebih dapat mengurangi pembentukan akrilamida daripada *deep fat frying*. *Vacuum frying* paling efektif untuk mencegah terbentuknya akrilamida. Hal ini dikarenakan *vacuum frying* menggunakan suhu yang rendah, yaitu di bawah 100°C (Wanakamol & Poonlarp, 2018). Selain itu, penggunaan minyak pada metode ini juga sangat sedikit. Pada metode ini, proses penggorengan dilakukan pada tekanan jauh di bawah tekanan atmosfer. Hal ini menyebabkan minimalnya paparan oksigen yang dapat menyebabkan oksidasi akrolein pada minyak sehingga dapat mengurangi timbulnya akrilamida (Diamante et al., 2015). *Air frying* cukup efektif dalam meminimalisir terbentuknya akrilamida. Hal ini dikarenakan pada proses penggorengan dengan metode ini tidak digunakan minyak sebagai media pemanas melainkan udara panas (Joshy et al., 2020). Namun, suhu yang digunakan dalam metode ini cukup tinggi. Pada metode ini, akrilamida masih dapat terbentuk tetapi dalam jumlah yang sedikit. Terbentuknya akrilamida disebabkan oleh adanya lemak pada kentang yang dipanaskan dengan suhu cukup tinggi. Lemak yang dipanaskan dengan suhu cukup tinggi ini akan mengalami degradasi dan membentuk akrolein, dimana akrolein ini merupakan prekursor terbentuknya akrilamida (Lee et al., 2020).

Kadar Lemak French Fries

Kadar lemak merupakan salah satu permasalahan pada *french fries*. Kadar lemak yang tinggi pada *french fries* dapat menyebabkan obesitas dan gangguan kesehatan, seperti penyakit jantung dan kanker (Williams et al., 2020). Kadar lemak pada

french fries meliputi kadar lemak yang terdapat dalam kentang sendiri dan kadar minyak yang terserap selama proses penggorengan. Kadar minyak yang terserap selama proses penggorengan dapat mempengaruhi kadar air pada *french fries*. Proses penggorengan dengan suhu rendah dan minyak yang sedikit diperlukan untuk memperoleh *french fries* dengan kadar lemak yang rendah. Kadar lemak *french fries* untuk setiap metode penggorengan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar lemak *french fries* untuk setiap metode penggorengan

Metode Penggorengan	Kadar Lemak (%)
<i>Deep fat frying</i>	41,28
<i>Microwave frying</i>	25,48
<i>Vacuum frying</i>	12,9
<i>Air frying</i>	1,12

Sumber: Hidayati et al. (2021), Devseren et al. (2021), & Teruel et al. (2015)

Kadar lemak pada *french fries* dengan metode penggorengan *deep fat frying* lebih tinggi daripada *french fries* dengan metode penggorengan lainnya. Kadar lemak yang tinggi ini disebabkan oleh tingginya suhu pada saat penggorengan dan penggunaan minyak yang banyak, dimana prinsip dari metode ini yaitu menggoreng makanan dengan cara merendam makanan tersebut di dalam minyak goreng panas pada suhu yang lebih tinggi dari titik didih air (Oke et al., 2017). Menurut Mirzaei et al. (2015), suhu yang tinggi menyebabkan penguapan sebagian air. Penguapan ini menyebabkan adanya ruang kosong pada kentang. Penggunaan minyak sebagai media pemanas akan menyebabkan minyak terserap masuk ke dalam kentang menggantikan sebagian air yang hilang dan menyebabkan *french fries* dengan metode penggorengan *deep fat frying* memiliki kadar minyak yang tinggi dan kadar air yang rendah. Kadar minyak yang tinggi pada *french fries* akan menyebabkan kadar lemak pada *french fries* tersebut juga tinggi. Begitu pula dengan

french fries yang digoreng dengan metode *microwave frying* dan *vacuum frying*. Perbedaan antara *french fries* yang digoreng dengan metode *deep fat frying*, *microwave frying*, dan *vacuum frying* adalah kadar lemak pada *french fries* yang digoreng dengan *deep fat frying* lebih tinggi daripada metode penggorengan lainnya. *French fries* yang dihasilkan dengan menggunakan metode penggorengan *microwave frying* memiliki kadar lemak yang lebih tinggi daripada *french fries* yang digoreng dengan metode *vacuum frying* dan *air frying*. Hal ini dikarenakan suhu penggorengan yang digunakan cukup tinggi dan minyak yang digunakan sebagai media pemanas cukup banyak sehingga kadar lemak *french fries* cukup tinggi. *French fries* yang digoreng dengan metode penggorengan *vacuum frying* memiliki kadar lemak yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan *french fries* yang digoreng dengan metode *deep fat frying* dan *microwave frying*. Hal ini berkaitan dengan suhu yang digunakan pada saat penggorengan, lama waktu penggorengan, dan minyak yang digunakan. Semakin tinggi suhu penggorengan, maka semakin banyak air yang menguap dan semakin banyak minyak yang diserap. Begitu pula dengan lama waktu penggorengan dan jumlah minyak yang digunakan. Menurut Basuny et al. (2012), pengurangan penyerapan minyak dapat disebabkan oleh tekanan air yang lebih rendah selama penggorengan. *French fries* yang digoreng dengan menggunakan metode penggorengan *air frying* memiliki kadar lemak yang paling rendah. Hal ini dikarenakan pada metode ini tidak digunakan minyak sebagai media pemanas sehingga tidak ada minyak yang diserap (Arafat, 2014). Namun, kentang yang digoreng dengan metode *air frying* tetap memiliki kadar lemak. Kadar lemak ini merupakan kadar lemak yang terdapat dalam kentang itu sendiri.

Warna French Fries

Warna merupakan salah satu daya tarik pada bahan pangan yang dapat mempengaruhi tingkat kesukaan konsumen. Menurut Silva et al. (2022), warna adalah salah satu atribut organoleptik yang secara langsung mempengaruhi penerimaan konsumen dan pemilihan makanan. Pada industri pengolahan kentang, titik kritis dari kualitas *french fries* ditentukan oleh warnanya. Kentang sendiri memiliki warna kekuningan. Namun, setelah dilakukan penggorengan, maka kentang akan berwarna kuning kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa proses penggorengan pada kentang dapat mempengaruhi warna *french fries* tersebut. Menurut Asokapandian et al. (2019), warna *french fries* biasanya didefinisikan dalam L^* , a^* , b^* . L^* adalah ukuran kecerahan yang berkisar antara 0 hingga 100 (cerah jika $L^* = 100$, gelap jika $L^* = 0$). a^* adalah indikator kemerahan yang bervariasi dari $-a^*$ hingga $+a^*$ ($-a^* =$ hijau, $+a^* =$ merah) dan b^* adalah ukuran kekuningan yang bervariasi dari $-b^*$ hingga $+b^*$ ($-b^* =$ biru, $+b^* =$ kuning).

French fries yang digoreng dengan metode *deep fat frying* memiliki warna yang lebih gelap. Hal ini dikarenakan pada metode *deep fat frying* digunakan suhu yang tinggi. Semakin tinggi suhu penggorengan, maka warna *french fries* akan semakin gelap. Hal ini dikarenakan warna *french fries* dalam proses pemanasan tergantung pada laju perpindahan panas (Pedreschi, 2012). Semakin cepat laju perpindahan panas, maka semakin cepat juga perubahan warna pada kentang goreng sehingga pada waktu yang sama dengan metode penggorengan lainnya, *french fries* yang digoreng dengan metode *deep fat frying* akan memiliki warna yang paling gelap. Selain itu, dengan adanya suhu tinggi yang didukung dengan adanya kandungan gula reduksi dan asam amino pada kentang dapat menyebabkan terjadinya reaksi Maillard (Lund & Ray, 2017). Reaksi Maillard adalah reaksi

non-enzimatik yang menyebabkan terjadinya pencoklatan pada *french fries* pada saat penggorengan (Tamanna & Mahmood, 2015).

French fries yang digoreng dengan metode penggorengan *microwave frying* memiliki warna yang lebih cerah daripada kentang yang digoreng dengan metode *deep fat frying*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan suhu yang digunakan pada metode *microwave frying* tidak terlalu tinggi seperti suhu pada metode *deep fat frying* sehingga reaksi Maillard pada kentang yang digoreng dengan metode *microwave frying* terjadi lebih lambat dan menyebabkan kentang dapat lebih mempertahankan kecerahannya. *French fries* yang digoreng dengan metode penggorengan *vacuum frying* memiliki warna yang paling cerah apabila dibandingkan dengan kentang yang digoreng dengan metode penggorengan lainnya. Hal ini dikarenakan suhu yang digunakan dalam penggorengan *french fries* dengan metode *vacuum frying* merupakan suhu yang paling rendah dibandingkan metode lainnya. Selain itu, pada metode penggorengan ini digunakan tekanan vakum. Pada tekanan vakum tidak ada udara atau oksigen. Tidak adanya udara atau oksigen selama proses penggorengan dengan metode *vacuum frying* ini menyebabkan terhambatnya reaksi degradasi kimia, seperti oksidasi dan pencoklatan enzimatis sehingga warna dari kentang yang digoreng dapat lebih dipertahankan (Hien & Nguyet, 2021). Kentang yang digoreng dengan metode *air frying* memiliki warna yang lebih cerah daripada kentang yang digoreng dengan metode *deep fat frying* dan *microwave frying*. Hal ini disebabkan oleh lebih rendahnya suhu yang digunakan dalam penggorengan kentang dengan metode *air frying* sehingga warna kentang dapat lebih dipertahankan. Warna *french fries* dari setiap metode penggorengan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Warna *french fries* dari setiap metode penggorengan

Metode Penggorengan	Warna		
	L*	a*	b*
<i>Deep fat frying</i>	65	0,5	25
<i>Microwave frying</i>	68,37	-2,19	27,12
<i>Vacuum frying</i>	75	-4	20
<i>Air frying</i>	70	-2,5	20

Sumber: Kammoun et al. (2022), Shedeed et al. (2020), Garayo & Moreira (2002), & Teruel et al. (2015)

KESIMPULAN

Metode penggorengan *vacuum frying* dapat meminimalisir terbentuknya akrilamida dan menghasilkan *french fries* dengan warna yang paling cerah. Metode penggorengan *air frying* dapat menghasilkan *french fries* dengan kandungan lemak yang paling sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat, S. M. (2014). Air frying a new technique for produce of healthy fried potato strips. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(4), 200-206.
- Arafat, S. M. (2015). Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips. *International Food Research Journal*, 22(4), 1557-1563.
- Arslan, M., Xiaobo, Z., Shi, J., Rakha, A., Hu, X., Zareef, M., Zhai, X., & Basheer, S. (2018). Oil uptake by potato chips or french fries: a review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10), 1-37.
- Asokapandian, S., Swamy, G. J., & Hajjul, H. (2019). Deep fat frying of foods: a critical review on process and product parameters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3400-3413.
- Banerjee, S. & Sahu, C. K. (2017). A short review on vacuum frying: a promising technology for healthier and better fried foods. *International Journal of Nutrition and Health Sciences*, 2(2), 68-71.
- Basuny, A. M. M., Arafat, S. M., & Ahmed, A. A. A. (2012). Vacuum frying: an alternative to obtain high quality potato chips and fried oil. *Global Advanced Research Journal of Microbiology*, 1(2), 19-26.
- Devseren, E., Okut, D., Koc, M., Ocaak, O. O., Karatas, H., & Ertekin, F. K. (2021). Effect of vacuum frying conditions on quality of french fries and frying oil. *Acta Chimica Slovenica*, 68, 25-36.
- Diamante, L. M., Shi, S., Hellmann, A., & Busch, J. (2015). Vacuum frying foods: products, process, and optimization. *International Food Research Journal*, 22(1), 15-22.
- Garayo, J. & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 181-191.
- Hidayati, N. R., Najihah, N. I., & Hanim, N. M. R. (2021). Comparison of conventional frying and microwave frying of beef patty: effect on oil absorption, texture, physical and chemical properties. *Food Research*, 5(3), 399-405.
- Hien, D. T. & Nguyet, H. T. M. (2021). Effects of vacuum frying on the quality of king orange peel in manufacture of chocolate candy fillings. *Food Science and Applied Biotechnology*, 4(2), 156-165.
- Joshy, C. G., Ratheesh, G., Ninan, G., Kumar, K. A., & Ravishankar, C. N. (2020). Optimizing air-frying process conditions for the development of healthy fish snack using response surface methodology under correlated observations. *Journal of Food Science Technology*, 57(7), 2651-2658.
- Kammoun, M., Bouzid, R. G., & Ellouz, O. N. (2022). Effect of deep-fat frying on french fries quality of new somatic hybrid potatoes. *Potato Research*, 1-18.
- Khan, M., Moniruzzaman, M., & Razu, M. H. (2019). Method development and

- validation for the quantification of acrylamide in potato chips and other locally available food by LC-MS/MS in Bangladesh. *Food and Nutrition Sciences*, 10, 876-892.
- Krishnakumar, T. & Visvanathan, R. (2014). Acrylamide in food products: a review. *Journal of Food Processing & Technology*, 5(7), 1-9.
- Kumar, J., Das, S., & Teoh, S. L. (2018). Dietary acrylamide and the risks of developing cancer: facts to ponder. *Frontiers in Nutrition*, 5(14), 1-12.
- Lee, J. S., Han, J. W., Jung, M., Lee, K. W., & Chung, M. S. (2020). Effects of thawing and frying methods on the formation of acrylamide and polycyclic aromatic hydrocarbons in chicken meat. *Foods*, 9, 1-13.
- Liu, L., Huang, P., Xie, W., Wang, J., Li, Y., Wang, H., Xu, H., Bai, F., Zhou, X., Gao, R., & Zhao, Y. (2022). Effect of air fryer frying temperature on the quality attributes of sturgeon steak and comparison of its performance with traditional deep fat frying. *Food Science & Nutrition*, 10(2), 342-353.
- Lund, M. N. & Ray, C. A. (2017). Control of maillard reactions in foods: strategies and chemical mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(23), 4537-4552.
- Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2012, February). Microwave Frying. *The 1st Middle-East Drying Conference*, Mahshahr, Iran.
- Mesias, M., Andrade, C. D., Holgado, F., & Morales, F. J. (2019). Acrylamide content in french fries prepared in food service establishments. *LWT-Food Science and Technology*, 100, 83-91.
- Mesias, M., Andrade, C. D., Holgado, F., Mulero, L. G., & Morales, F. J. (2021). Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of french fries. Part 2: color analysis. *Food and Chemical Toxicology*, 154, 1-10.
- Michalak, J., Kujawska, M. C., Klepacka, J., & Gujska, E. (2020). Effect of microwave heating on the acrylamide formation in foods. *Molecules*, 25(4140), 1-21.
- Mirzaei, H. O., Karapanthios, T., & Garoumi, H. (2015). Effect of frying temperature on amount of oil uptake of potato french fries. *Food Processing & Technology*, 1(1), 17-19.
- Moreira, R. G. (2014). Vacuum frying versus conventional frying-an overview. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 723-734.
- Nayak, P. K., Dash, U., Rayaguru, K., & Krishnan, K. R. (2015). Physio-chemical changes during repeated frying of cooked oil: a review. *Journal of Food Biochemistry*, 40(3), 1-20.
- Negoita, M., Mihai, A. L., & Hornet, G. A. (2022). Influence of water, NaCl and citric acid soaking pre-treatments on acrylamide content in french fries prepared in domestic conditions. *Foods*, 11, 1-20.
- Nizori, A. & Mishra, V. (2018). The effects of frying time and temperatures on fatty acids profile of blanched potato chips. *Indonesian Food Science and Technology Journal*, 2(1), 17-20.
- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., & Akinsola, A. O. (2017). Frying of food: a critical review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(2), 107-127.
- Ou, J. U., Zheng, J. I., Huang, J. U., Ho, C. T., & Ou, S. (2020). Interaction of acrylamide, acrolein, and 5-hydroxymethylfurfural amino acids and DNA. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(18), 1-38.

- Oyededeji, A. B., Sobukola, O. P., Henshaw, F., Adegunwa, M. O., Ijabadeniyi, O. A., Sanni, L. O., & Tomlins, K. I. (2017). Effect of frying treatments on texture and colour parameters of deep fat fried yellow fleshed cassava chips. *Journal of Food Quality*, 1-10.
- Pedreschi, F. (2012). Frying of potatoes: physical, chemical, and microstructural changes. *Drying Technology: An International Journal*, 30(7), 707-725.
- Rifai, L. & Saleh, F. A. (2020). A review on acrylamide in food: occurrence, toxicity, and mitigation strategies. *International Journal of Toxicology*, 39(2), 93-102.
- Sansano, M., Reyes, D. L., Andres, A., & Heredia, A. (2018). Effect of microwave frying on acrylamide generation, mass transfer, color, and texture in french fries. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10), 1934-1939.
- Shedeed, N. A., El-Hady, E. S. A. A., & Aloweis, R. A. (2020). Production of oil-free crunchy potato chips using microwave. *Food and Nutrition Sciences*, 11, 40-51.
- Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. (2022). Food colour additives: a synoptical overview on their chemical properties, applications in food products, and health side effects. *Foods*, 11(3), 379-410.
- Slinde, E., Skrede, A., Enersen, G., Baardseth, P., Blom, H., Sundt, T. W., & Skrede, G. (2020). Efficient inhibition of acrylamide formation in french fries by dipping in lactic acid solution before and after par-frying in a two-step procedure. *Integrative Food, Nutrition, and Metabolism*, 7, 1-7.
- Tamanna, N. & Mahmood, N. (2015). Food processing and maillard reaction products: effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015, 1-6.
- Tangpanithandee, N., On-nom, N., & Srichamnong, W. (2019). Effect of vegetable oil blending on acrylamide during potato deep-frying. *Malaysian Applied Biology*, 48(4), 47-51.
- Teruel, M. D. R., Gordon, M. H., Padierna, M. B. L., & Garrido, M. D. (2015). A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, 80(2), 349-358.
- Tewari, A., Israni, K., Tolani, M. (2015). Air fryer using fuzzy logic. *International Journal of computer Applications*, 122(14), 28-31.
- Touffet, M., Trystram, G., & Vitrac, O. (2020). Revisiting the mechanisms of oil uptake during deep-frying. *Food and Bioproducts Processing*, 123, 14-30.
- Wanakamol, W. & Poonlarp, P. (2018). Effects of frying temperature, frying time and cycles on physicochemical properties of vacuum fried pineapple chips and shelf life prediction. *International Food Research Journal*, 25(6), 2681-2688.
- Wang, Y., Wu, X., McClements, D. J., Chen, L., Miao, M., Jin, Z. (2021). Effect of new frying technology on starchy food quality. *Foods*, 10, 1-19.
- Williams, S. B., Shan, Y., Jazzar, U., Kerr, P. S., Okereke, I., Klimberg, V. S., Tyler, D. S., Putluri, N., Lopez, D. S., Prochaska, J. D., Elferink, C., Baillargeon, J. G., Kuo, Y. F., & Mehta, H. B. (2020). Proximity to oil refineries and risk of cancer: a population-based analysis. *JNCI Cancer Spectrum*, 4(6), 1-9.
- Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying process: from conventional to air frying technology. *Food Reviews International*, 35(8), 763-777