

## Analisis kandungan lembapan, nilai peroksida dan asid lemak bebas snek bertih jagung sepanjang tempoh penyimpanan

(*Moisture content analysis, peroxide value and free fatty acid in popcorn during storage*)

Sabeetha Sarmin, Nurzam Ezdiani Zakaria, Mohd Firdaus Saudi dan Mohd Ramdhan Addman

Kata kunci: bertih jagung, kandungan lembapan, nilai peroksida, asid lemak bebas

### Pengenalan

Snek bertih jagung atau *popcorn* merupakan snek ringkas yang sering dinikmati oleh pelbagai golongan terutama kanak-kanak dan menjadi pilihan untuk dijadikan hadiah iringan ketika majlis keraian. Snek bertih jagung mempunyai pelbagai perisa seperti perisa asli, mentega, karamel, keju atau ditambah dengan pelbagai kekacang. Perisa karamel merupakan perisa yang paling tinggi permintaan kerana gabungan rasa manis, masin dan sedikit bermentega, tekstur yang rangup (karamel membentuk lapisan rangup di luar *popcorn*, tetapi bahagian dalam masih lembut dan gebu) serta bau karamel yang harum dan menyelerakan. Kajian pasaran turut menunjukkan bertih jagung perisa manis seperti karamel dan madu lebih popular berbanding dengan perisa masin atau asli dalam kalangan penduduk Asia. Harga snek bertih jagung di pasaran adalah bergantung kepada jenis perisa, bentuk pembungkusan dan berat snek yang dijual. *Gambar 1* menunjukkan snek bertih jagung berperisa karamel yang terdapat di pasaran.

Seperti kebanyakan produk makanan ringan, kualiti dan jangka hayat snek bertih jagung sangat bergantung kepada cara produk disimpan dan jenis bahan pembungkus yang digunakan. Snek ini mudah terdedah kepada faktor persekitaran seperti kelembapan, oksigen dan cahaya yang boleh mempercepatkan proses degradasi kualiti terutamanya dari segi rasa dan tekstur. Oleh itu, pemilihan bahan pembungkus yang sesuai memainkan peranan penting dalam mengekalkan kualiti snek bertih jagung sepanjang tempoh penyimpanan.

Pembungkus berasaskan plastik seperti polietilena (PE), polipropilena (PP), kertas kraf dan aluminium biasa digunakan dalam industri makanan. Pemilihan jenis bahan pembungkus yang sesuai memainkan peranan penting dalam mengekalkan kualiti dan memanjangkan jangka hayat bertih jagung. Bahan pembungkus dengan ciri penghadang yang baik dapat mengurangkan kadar penyerapan kelembapan dan oksigen sekali gus melambatkan proses degradasi, manakala bahan pembungkus yang mempunyai kadar kebolehtelapan tinggi terhadap wap air dan udara boleh menyebabkan bertih jagung menjadi lemau dan tengik dalam masa yang singkat. Justeru, kajian ini dilaksanakan di bawah peruntukan yang diberikan oleh Bahagian Industri Makanan dan Asas Tani (IMAT), Kementerian Pertanian dan

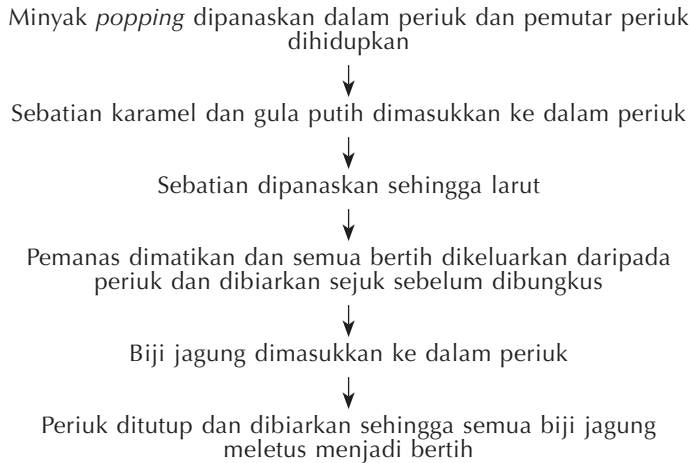
Keterjaminan Makanan (KPKM) bagi membantu meningkatkan kualiti produk usahawan, khususnya menilai kesan penggunaan pelbagai jenis bahan pembungkus terhadap kestabilan kualiti dan jangka hayat bertih jagung sepanjang tempoh penyimpanan. Penilaian ini dijalankan melalui analisis kandungan kelembapan serta penentuan tahap pengoksidaan produk menggunakan parameter nilai peroksida dan kandungan asid lemak bebas.



Gambar 1. Snek bertih jagung berperisa karamel di pasaran

### **Penyediaan sampel untuk kajian jangka hayat**

Sampel snek bertih jagung disediakan dan dibungkus menggunakan bahan pembungkus yang dipilih di premis usahawan di Rawang, Selangor. Prosedur penyediaan snek bertih jagung ditunjukkan seperti dalam *Carta alir 1*. Seterusnya, snek bertih jagung dibungkus menggunakan lima jenis bahan pembungkus berlainan iaitu plastik polipropilena (PP), pembungkus aluminium/nilon dengan tambahan gas nitrogen (Al/Ny + Nitrogen) dan tanpa gas nitrogen (Al/Ny), plastik terlogam/polietilena (*metalised/PE*), pembungkus kertas kraf (KK) dan balang plastik polietilena tereftalat (PET). Semua sampel (dalam lima jenis bahan pembungkus) kemudian disimpan di dalam kebuk iklim (*climatic chamber, Binder, Germany*) pada suhu 40 °C dengan kelembapan relatif (RH) 75% di Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan MARDI bagi kajian jangka hayat dipercepatkan (*accelerated shelf-life study*). Penyimpanan selama satu bulan di dalam kebuk iklim (40 °C, RH 75%) bersamaan dengan enam bulan penyimpanan pada suhu bilik. Sampel snek bertih jagung dikeluarkan daripada kebuk iklim setiap dua minggu (bersamaan penyimpanan selama tiga bulan pada suhu bilik) untuk dianalisis. Analisis kandungan lembapan, nilai peroksida dan asid lemak bebas dijalankan bagi penentuan kualiti produk sepanjang jangka hayat penyimpanan.

**Ramuan:**

Biji jagung, sebatian karamel (gula perang, gula molases, garam, lesitin soya, perasa yang dibenarkan), minyak *popping* (minyak kelapa, perasa mentega, beta-karotena) dan gula putih

Carta alir 1. Penyediaan snek bertih jagung

### Analisis kandungan lembapan

Analisis kandungan lembapan sampel merujuk kepada kaedah analisis AOAC (2000). Sebanyak 3.0 g sampel snek diperlukan dan analisis dijalankan sebanyak tiga replikasi. Sampel dalam bentuk serbuk diletakkan dalam bekas aluminium yang telah ditimbang. Sampel kemudian dikeringkan dalam ketuhar pengering pada suhu 105 °C sehingga mencapai berat kering yang konsisten. Nilai kandungan lembapan diperolehi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kandungan lembapan (\%)} = \frac{(M \text{ sebelum pengeringan} - M \text{ selepas pengeringan})}{M \text{ sebelum pengeringan}} \times 100$$

Nota: M adalah berat sampel

### Analisis nilai peroksida

Analisis nilai peroksida [*peroxide value* (PV)] dijalankan untuk menentukan tahap pengoksidaan yang berlaku. Kaedah penentuan nilai peroksida adalah berdasarkan kepada proses penitratan yang mengukur tindak balas iodin yang terbebas daripada lebihan kalium iodida yang bertindak balas dengan hidroperoksida dalam sampel minyak. Dalam kajian ini, sebanyak 3.0 g sampel snek bertih jagung yang telah dihancurkan, diekstrak dengan menggunakan pelarut petroleum eter. Sebatian minyak daripada ekstraksi ditambah 15 mL larutan asid asetik yang telah dicampur dengan kloroform pada nisbah 3:2 (v/v). Sebatian yang terhasil digoncang selama 15 saat dan kemudian ditambah 0.5 mL larutan kalium iodida (KI) tepu. Sebatian digoncang sekali lagi selama 15 saat dan seterusnya 15 mL air suling dan 0.5 mL larutan kanji 2% yang merupakan larutan penunjuk kepada sebatian ditambah. Larutan digoncang semula selama 15 saat dan sedia untuk dititrat menggunakan larutan 0.01 N natrium tiosulfat sehingga warna sebatian bertukar daripada gelap kepada tidak berwarna (AOAC, 2000). Nilai peroksida (PV) dikira menggunakan persamaan seperti berikut dan dilaporkan sebagai *mEq/kg* sampel.

$$PV \text{ (mEq / kg sampel)} = V \times N \times 1000 / M$$

Nota: M adalah berat sampel

N adalah nilai kepekatan larutan natrium tiosulfat

V adalah isi padu larutan natrium tiosulfat yang digunakan untuk menukarkan warna sebatian

### **Analisis asid lemak bebas**

Nilai asid lemak bebas [*free fatty acid* (FFA)] boleh ditentukan menggunakan pelbagai kaedah seperti penitratan, teknik spektrofotometri, analisis kromatografi gas dan teknik spektroskopi menggunakan peralatan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Setiap kaedah mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pemilihan analisis bergantung kepada tujuan kajian dan ketersediaan peralatan. Bagi analisis ini, kaedah penitratan dipilih kerana teknik ini lebih mudah, kos yang rendah dan dapat dijalankan dalam masa yang singkat. Sebanyak 3.0 g sampel snek bertih jagung yang telah dihancurkan, ditimbang dan kemudian diekstrak menggunakan pelarut petroleum eter. Sebatian minyak daripada ekstraksi ditambah dengan 25 mL larutan dietil eter yang telah dicampur dengan etanol 95% pada nisbah 2:1 (v/v). Sebatian yang terhasil digoncang selama 15 saat dan kemudian ditambah tiga titis larutan *fenolphthalein* yang telah dilarutkan bersama etanol sebagai larutan penunjuk perubahan warna. Larutan dititrat menggunakan larutan 0.1 M kalium hidroksida (KOH) sehingga warna sebatian bertukar daripada jernih kepada merah muda dan kekal sekurang-kurangnya 30 saat sebelum bacaan diambil. Kandungan asid lemak bebas (FFA) dikira menggunakan persamaan seperti di bawah dan dilaporkan sebagai % asid oleik.

$$\% \text{ FFA (asid oleik)} = V \times N \times 28.2 / M$$

Nota: M adalah berat sampel

N adalah nilai kepekatan larutan KOH

V adalah isi padu larutan KOH yang digunakan untuk menukarkan warna

28.2 adalah faktor nilai asid oleik

### **Kesan penggunaan bahan pembungkus berbeza terhadap kualiti snek bertih jagung**

#### ***Kandungan lembapan***

Analisis lembapan dalam snek bertih jagung adalah penting untuk memastikan kualiti, rasa dan tekstur snek tersebut. Kandungan lembapan yang terlalu tinggi atau terlalu rendah boleh memberi kesan kepada kualiti bertih jagung. *Jadual 1* menunjukkan nilai kandungan lembapan snek bertih jagung yang telah dibungkus menggunakan lima jenis bahan pembungkus berbeza untuk 12 bulan penyimpanan. Daripada analisis yang dijalankan, snek bertih jagung mengalami peningkatan nilai kandungan lembapan bagi kesemua jenis bahan pembungkus yang digunakan. Peningkatan ini berpunca daripada penyerapan wap air dari persekitaran, bergantung kepada kadar

kebolehtelapan bahan pembungkus. Kandungan lembapan bertih jagung ialah <10% (*Jadual 1*) bagi semua jenis bahan pembungkus yang digunakan kecuali bagi kertas kraf (KK) pada 12 bulan penyimpanan (10.4%). Kandungan kelembapan <10% amat sesuai bagi kebanyakan produk makanan kering kerana kandungan lembapan yang rendah mampu menghalang pertumbuhan mikroorganisma dan menjadikan produk lebih selamat untuk dimakan dan tahan lama. Kandungan lembapan yang rendah juga melambatkan tindak balas kimia seperti pengoksidaan, perubahan warna dan ketengikan. Namun, bagi snek ringan seperti bertih jagung, kandungan lembapan <10% menunjukkan keadaan yang mudah menyerap lembapan dari persekitaran dan boleh memberi kesan terhadap tekstur snek, menjadi tidak terlalu rapuh dan kurang tahan lama. Bagi mengekalkan kerangupan untuk tempoh yang lama, kandungan lembapan <3% adalah lebih ideal bagi snek bertih jagung sedia dimakan.

Nilai kandungan lembapan snek bertih jagung adalah paling rendah dalam pembungkus Al/Ny + Nitrogen (0.70 – 2.73%) diikuti Al/Ny (0.74 – 3.16%) sepanjang 12 bulan penyimpanan (*Jadual 1*). Ini menunjukkan pembungkus Al/Ny dapat menghindar sampel daripada menjadi lemau semasa penyimpanan. Pembungkus Al/Ny adalah sejenis bahan pembungkus yang mempunyai ciri kebolehtelapan yang rendah dan penghadangan yang tinggi. Penambahan gas nitrogen (N<sub>2</sub>) ke dalam sistem pembungkusan juga telah mengubah suai komposisi udara dalam pek tersebut di mana gas oksigen yang boleh mengoksidakan makanan telah dikeluarkan dan diganti dengan gas nitrogen yang tidak bertindak balas dengan makanan.

Gas nitrogen biasa digunakan dalam teknik *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) bagi pembungkusan makanan ringan seperti bertih jagung. Teknik ini merupakan kaedah menggantikan udara dalam bungkusan makanan dengan gas yang tidak reaktif (nitrogen) untuk melindungi makanan daripada kerosakan semasa penyimpanan. Nitrogen tidak akan bertindak balas dengan makanan kerana ia tidak mengubah rasa, bau atau warna makanan. Gas nitrogen yang mengisi ruang kosong dalam bungkusan turut bertindak melindungi makanan daripada pecah atau hancur semasa penghantaran. Ia juga membantu mengekalkan tekstur makanan ringan seperti bertih jagung dengan menghalang penyerapan kelembapan dari udara serta mengurangkan risiko pertumbuhan mikroorganisma.

Jadual 1. Kandungan lembapan snek bertih jagung bagi lima jenis bahan pembungkus berbeza sepanjang 12 bulan penyimpanan

Jenis bahan pembungkus	Kandungan lembapan (%)											
	0	1	2	3	6	9	12					
Bulan penyimpanan												
PP	1.41 ± 0.12	2.14 ± 0.65	3.74 ± 0.14	4.82 ± 0.35	5.41 ± 0.23	7.59 ± 0.08	9.56 ± 0.13					
KK	1.55 ± 0.04	3.35 ± 0.12	4.90 ± 0.19	5.24 ± 0.18	6.48 ± 0.08	8.89 ± 0.09	10.44 ± 0.34					
Balang (PET)	1.45 ± 0.03	1.86 ± 0.03	2.69 ± 0.3	3.86 ± 0.06	4.18 ± 0.09	7.38 ± 0.07	8.26 ± 0.77					
Metallised PE	0.79 ± 0.10	1.54 ± 0.08	2.84 ± 0.06	3.88 ± 0.23	5.05 ± 0.11	6.51 ± 0.43	8.20 ± 0.08					
Al/Ny	0.74 ± 0.07	0.99 ± 0.02	1.24 ± 0.05	1.59 ± 0.11	2.78 ± 0.05	2.93 ± 0.04	3.16 ± 0.26					
Al/Ny + Nitrogen	0.70 ± 0.16	0.94 ± 0.03	1.01 ± 0.06	1.19 ± 0.03	2.57 ± 0.14	2.64 ± 0.16	2.73 ± 0.25					

**Nilai peroksida dan asid lemak bebas**

Pengoksidaan lemak menghasilkan hidroperoksida yang seterusnya mereput kepada sebatian sekunder seperti aldehid dan keton. Nilai peroksida (PV) menunjukkan kehadiran hidroperoksida, manakala nilai asid lemak bebas (FFA) pula berkait dengan hidrolisis trigliserida dan merupakan penunjuk kimia bagi menilai kualiti dan kestabilan lemak dalam produk semasa penyimpanan. Kedua-dua analisis ini digunakan bagi menilai kestabilan lemak dalam produk semasa penyimpanan, mengesan tanda awal ketengikan atau kerosakan produk, menentukan jangka hayat dan tarikh luput produk makanan serta menentukan kawalan mutu kilang makanan. Nilai PV snek bertih jagung ditunjukkan seperti dalam *Rajah 1* manakala nilai FFA adalah seperti dalam *Rajah 2*.

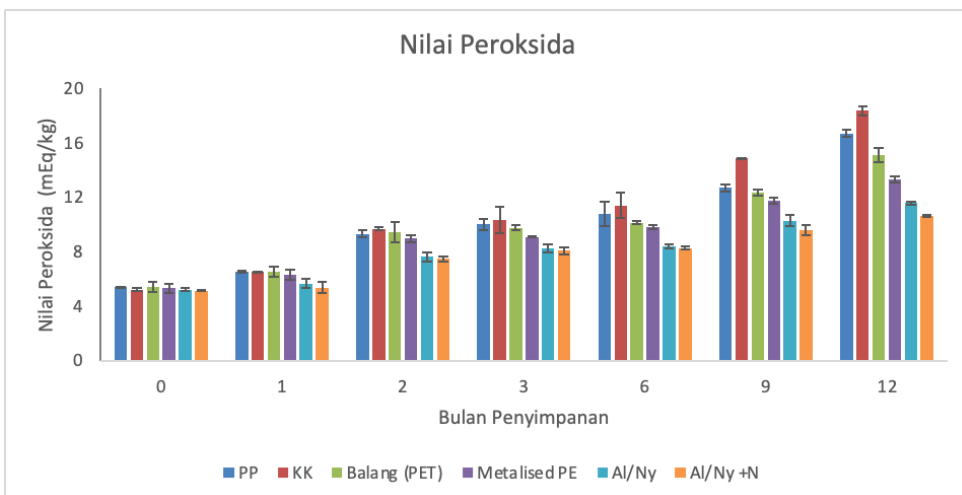
Nilai PV mengukur jumlah oksigen peroksida per kilogram minyak atau lemak yang bermaksud seberapa banyak lemak atau minyak telah rosak akibat tindak balas dengan oksigen. Nilai PV yang tinggi menunjukkan pengoksidaan yang lebih tinggi dan produk yang rosak. Kajian terdahulu melaporkan nilai peroksida melebihi 20 mEq/kg lemak menunjukkan sampel telah teroksidasi dan menjadi tengik manakala nilai peroksida di bawah 10 mEq/kg lemak menunjukkan sampel dalam keadaan yang baik dan masih segar. Peningkatan FFA pula menunjukkan kerosakan hidrolitik (kerosakan yang berlaku akibat proses penguraian oleh air yang dikenali sebagai hidrolisis) yang berkemungkinan disebabkan oleh aktiviti enzim lipase atau interaksi dengan wap air.

Snek bertih jagung yang mengandungi minyak, mentega dan karamel boleh menunjukkan peningkatan FFA semasa penyimpanan. Lemak dan minyak dalam snek bertih jagung boleh terhidrolisis menjadi gliserol dan asid lemak bebas terutamanya dengan kehadiran lembapan. Semakin lama disimpan, semakin tinggi risiko tindak balas hidrolisis ini berlaku. Hidrolisis lemak memberi kesan peningkatan nilai FFA dan menyebabkan rasa tengik dan tekstur produk berubah. Pengendalian bahan mentah, kaedah pembungkusan dan persekitaran penyimpanan yang baik sangat penting untuk mengekalkan kualiti produk.

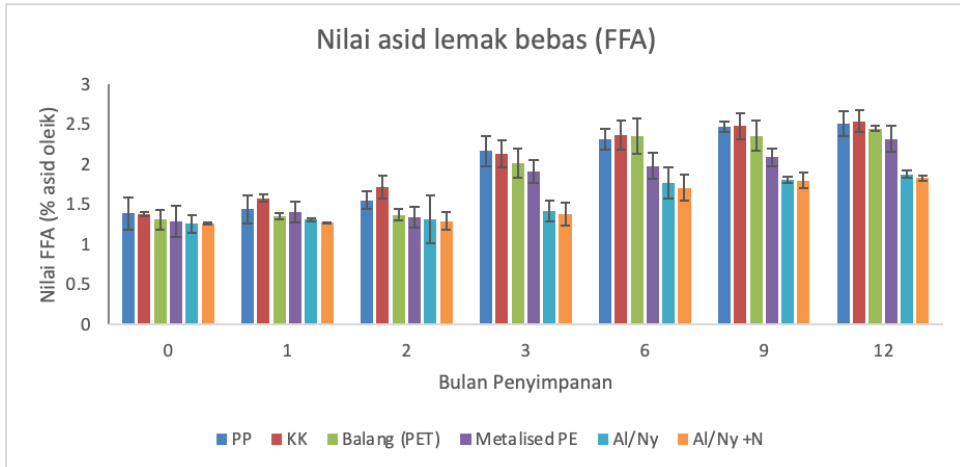
Berdasarkan *Rajah 1* dan *Rajah 2*, nilai peroksida (PV) dan asid lemak bebas (FFA) meningkat secara konsisten seiring dengan

pertambahan tempoh penyimpanan dari bulan 0 hingga bulan ke-12. Nilai peroksida tertinggi dicatatkan oleh sampel dalam pembungkus kertas kraf (KK) (18.36 mEq/kg) diikuti dengan PP (16.69 mEq/kg), balang PET (15.12 mEq/kg) dan *metalised*/PE (13.31 mEq/kg) pada bulan ke-12 penyimpanan. Manakala pembungkus Al/Ny + nitrogen menunjukkan nilai yang paling rendah (10.63 mEq/kg), diikuti Al/Ny (11.57 mEq/kg) selepas 12 bulan penyimpanan. *Rajah 2* menunjukkan trend yang sama bagi nilai FFA, bahan pembungkus KK menunjukkan nilai FFA yang tertinggi (2.54%) diikuti dengan PP (2.51%), balang PET (2.45%), *metalised*/PE (2.32%), Al/Ny (1.88%) dan Al/Ny + nitrogen (1.83%). Peningkatan nilai PV dan FFA ini menandakan kemerosotan kualiti produk melalui proses pengoksidaan lemak yang dipengaruhi oleh kehadiran oksigen, cahaya dan kandungan lembapan sepanjang penyimpanan.

Setiap jenis bahan pembungkus yang digunakan memberi kesan berbeza terhadap tahap kualiti produk. Ini dapat dijelaskan melalui ciri halangan (*barrier properties*) terhadap oksigen dan wap air bagi setiap bahan seperti PP, KK dan balang PET yang memiliki ketelapan oksigen dan lembapan tinggi yang mengakibatkan peningkatan nilai PV dan FFA yang lebih ketara. Bahan pembungkus *metalised*/PE pula menunjukkan prestasi sederhana iaitu kemampuannya menahan cahaya adalah baik, tetapi masih membenarkan kemasukan gas yang boleh menyebabkan aktiviti pengoksidaan sampel berlaku. Bahan pembungkus Al/Ny dan Al/Ny + nitrogen merupakan bahan pembungkus dengan halangan tertinggi terhadap oksigen manakala pengisian nitrogen bertindak menyingkirkan oksigen daripada ruang pembungkus sekali gus memperlahankan reaksi pengoksidaan. Kajian menunjukkan bahawa bahan pembungkus multilapis berasaskan aluminium dan pengisian gas lengai seperti nitrogen dapat meningkatkan jangka hayat produk berasaskan minyak dengan ketara.



*Rajah 1.* Nilai peroksida snek bertih jagung bagi penggunaan jenis bahan pembungkusan berbeza sepanjang 12 bulan penyimpanan



Rajah 2. Nilai asid lemak bebas (FFA) snek bertih jagung bagi penggunaan jenis bahan pembungkus berbeza selama 12 bulan penyimpanan

### Faktor pemilihan jenis bahan pembungkus

Jenis bahan pembungkus memainkan peranan yang sangat penting dalam mengekalkan kualiti dan kesegaran produk terutamanya snek bertih jagung. Beberapa faktor pemilihan jenis bahan pembungkus produk adalah seperti yang berikut:

- i. Perlindungan daripada pengoksidaan  
Bahan pembungkus yang baik seharusnya tidak telus cahaya atau mempunyai lapisan penghalang cahaya dan oksigen, bagi membantu mengurangkan risiko pengoksidaan dan mengekalkan rasa dan kesegaran produk untuk tempoh yang lebih lama.
- ii. Pencegahan lembapan  
Kehadiran lembapan boleh menyebabkan produk menjadi lemau. Oleh itu, bahan pembungkus dengan ciri penghalang lembapan yang baik dapat membantu mengekalkan kerangapan/tekstur produk.
- iii. Praktikal untuk digunakan  
Bahan pembungkus yang baik berfungsi melindungi produk daripada sebarang bentuk kontaminasi. Selain itu, ia juga harus mempunyai ciri mudah dibuka dan ditutup semula (jika perlu), serta memudahkan penyimpanan dan pengangkutan tanpa merosakkan kandungan di dalamnya.
- iv. Kos  
Bahan pembungkus yang memberikan perlindungan terbaik mungkin lebih mahal, tetapi ini dapat dipertimbangkan dengan keuntungan yang diperoleh bagi menjamin kualiti produk yang lebih baik.
- v. Kesan alam sekitar  
Bahan pembungkus yang boleh dikitar semula (plastik PET, tin aluminium dan kaca) atau bahan pembungkus biodegradasi (*starch-based plastics* atau *polytactic acid*) adalah pilihan yang lebih baik untuk mengurangkan pencemaran dan sisa plastik.



## Kesimpulan

Hasil analisis produk snek bertih jagung menunjukkan kandungan lembapan, nilai peroksida dan asid lemak bebas bergantung kepada jenis bahan pembungkus yang digunakan. Kajian jangka hayat produk menggunakan kebuk iklim (40 °C dan kelembapan relatif 75%) selama dua bulan (bersamaan 12 bulan penyimpanan pada suhu bilik) menunjukkan ketahanan produk yang paling rendah adalah menggunakan kertas kraf. Ini diikuti dengan pembungkus polipropilena (PP), balang plastik polietilena tereftalat (PET) dan plastik terlogam/polietilena (*metalised*/PE). Bahan pembungkus Al/Ny dengan penambahan gas nitrogen menunjukkan ciri pembungkusan terbaik bagi snek bertih jagung. Secara keseluruhannya, penggunaan jenis bahan pembungkus memberi kesan ketara terhadap kestabilan kandungan lembapan dan pengoksidaan produk. Bahan pembungkus berlamina aluminium lebih berkesan dalam mengekalkan tekstur rangup dan ketahanan daripada ketengikan berbanding dengan bahan pembungkus biasa seperti PP, KK, balang PET dan *metalised*/PE.

## Bibliografi

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000). Official methods of analysis of AOAC international. Arlington, VA, USA. Official methods 925.10.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000). Official methods of analysis of AOAC international. Arlington, VA, USA. Official methods 965.33.
- Cowdin, G. (2023). *Popcorn explodes in popularity*. Baking Business Articles. Diperoleh dari <https://www.bakingbusiness.com/articles/58723-popcorn-explodes-in-popularity>.
- Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., Burkhardt, W., Shellfish, M., & Water, B. (2002). Bacteriological Analytical Manual (BAM), Chapter 4 and 5. Diperoleh pada 14 Ogos 2024 dari <https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm064948.htm>
- Rasyid, M. F., & Wibowo, S. A. (2024). Proposed marketing strategy to increase sales snack food popcorn. *International Journal of Current Science Research and Review*, 7(2), 1156–1162.
- Rukunudin, I. H., White, P. J., Bern, C. J., & Bailey, T. B. (1998). A modified method for determining free fatty acids from small soybean sample sizes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(5), 563–568.
- United State Department of Agriculture. (2024). *Nutrition value of caramel popcorn*. Diperoleh dari <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2343722/ingredientNutrients>.

### Ringkasan

Kajian kestabilan snek bertih jagung sepanjang tempoh penyimpanan menggunakan kebuk iklim pada suhu 40 °C dengan kelembapan relatif (RH) 75% selama dua bulan (bersamaan 12 bulan penyimpanan pada suhu bilik) dinilai berdasarkan kandungan lembapan, nilai peroksida (PV) dan kandungan asid lemak bebas (FFA) melibatkan lima jenis bahan pembungkus berbeza iaitu plastik polipropilena (PP), plastik terlogam/polietilena (*metalised/PE*), pembungkus kertas kraf (KK), balang plastik polietilena tereftalat (PET), pembungkus Aluminium/Nylon (AL/Ny) dengan tambahan gas nitrogen dan tanpa gas nitrogen. Ketiga-tiga parameter menunjukkan peningkatan yang konsisten sepanjang tempoh penyimpanan dengan kandungan lembapan, nilai PV dan FFA jauh lebih tinggi dalam sampel yang disimpan menggunakan pembungkus kertas kraf (KK) diikuti polipropilena (PP) dan balang PET yang menunjukkan ketahanan bahan pembungkus yang lemah terhadap oksigen dan wap air serta menjadikan produk lebih mudah teroksida. Sebaliknya, snek yang disimpan dalam pembungkus aluminium/nylon (AL/Ny) dan AL/Ny dengan gas nitrogen menunjukkan peningkatan nilai yang jauh lebih rendah bagi kandungan lembapan, PV dan FFA sekali gus membuktikan keberkesanan bahan pembungkus berlamina yang digabungkan dengan gas nitrogen dalam memelihara kestabilan produk. Penyerapan lembapan turut menyumbang kepada peningkatan FFA berkemungkinan melalui degradasi hidrolitik. Penemuan ini menekankan peranan penting bahan pembungkus dalam mengekalkan kestabilan oksidatif dan hidrolitik bagi produk snek berasaskan minyak dan menyokong penggunaan AL/Ny + nitrogen sebagai pendekatan paling berkesan untuk memanjangkan jangka hayat produk. Faktor yang mempengaruhi pemilihan bahan pembungkus adalah perlindungan pengoksidaan, pencegahan kepada lembapan, praktikal untuk digunakan, kos berpatutan dan kelestarian pada alam sekitar.

### Summary

The study of corn puff snacks during storage in a climatic chamber at 40 °C with 75% relative humidity (RH) for two months (equivalent to 12 months of storage at room temperature) was evaluated based on moisture content, peroxide value (PV) and free fatty acid (FFA) content across five different packaging materials: polypropylene (PP) plastic, metalised polyethylene (*metalised/PE*) plastic, kraft paper (KK), polyethylene terephthalate (PET) plastic jars and aluminium/nylon (AL/Ny) packaging both with and without nitrogen gas. All three parameters showed a consistent increase throughout the storage period, with moisture content, PV and FFA levels significantly higher in samples packaged with PP, KK and PET jars indicating poor barrier properties against oxygen and water vapour which accelerated oxidative degradation. In contrast, snacks stored in AL/Ny packaging with and without nitrogen gas exhibited substantially lower increases in moisture, PV and FFA values demonstrating the effectiveness of high-barrier materials combined with nitrogen flushing in preserving product stability. Moisture uptake was also found to contribute to increased FFA levels possibly due to hydrolytic degradation. These findings highlight the crucial role of packaging in maintaining the oxidative and hydrolytic stability of oil-based snack products and support the use of AL/Ny with nitrogen gas as the most effective strategy for extending product shelf life. The selection of packaging materials is influenced by several key factors, including their effectiveness in preventing oxidation and moisture ingress, functional practicality, cost-efficiency and environmental sustainability.

**Pengarang**

Sabeetha Sarmin

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI,  
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang Selangor

E-mel: [sabeetha@mardi.gov.my](mailto:sabeetha@mardi.gov.my)

Nurzam Ezdiani Zakaria (Dr.), Mohd Firdaus Saudi dan Mohd Ramdhan Addman

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI,  
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang Selangor