



KARAKTERISTIK BUBUK BUAH PEPAYA DENGAN BERBAGAI KONSENTRASI ENKAPSULAN GUM ARAB DAN HYDROXY PROPYL METHYL CELLULOSE (HPMC)

[The Characteristics of Papaya Powder with Various Concentrations of Arabic Gum and Hydroxy Propyl Methyl Cellulose (HPMC) as Encapsulants]

Mechyel Clarita Tanaya¹, Erni Setijawaty¹, Ignasius Radix Astadi Praptono Jati^{1*}

Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya

*Email: radix@ukwms.ac.id (Telp: +6285701516262)

Diterima Tanggal 23 Januari 2023

Disetujui Tanggal 14 Februari 2023

ABSTRACT

Papaya is classified as a climacteric fruit where utilization and shelf life are limited. Papaya can be developed into papaya powder, where the manufacturing requires adding encapsulants to speed up the drying process and protect the active components. The encapsulants used in this study were gum arabic and HPMC. This study aimed to determine the effect of encapsulant concentration on the physicochemical properties of papaya powder by testing the water content, hygroscopic level, total phenol, antioxidant activity, color, and pH. The research design used was a single factorial design (encapsulant concentration). Randomization of the samples was carried out using the randomized block design (RBD) method. The treatment levels used were 2.5%, 5%, and 7.5% with four repetitions. The data were analyzed using ANOVA at $\alpha=5\%$ to find out whether there was a significant difference and then followed by Duncan's test for the significant results. The results show that increasing gum arabic concentration alleviated the moisture content (1.90-4.94%) and chroma value (39.4-42.9) but decreased the hygroscopicity (16.29-24.12%), phenolic content (2812.50-3240.44 mg GAE/kg), %RSA (46.06-78.62%), lightness value (43.2-46.6) and pH (5.21-5.65). Increasing HPMC concentration resulted in the increase of pH (6.19-6.52) and chroma value (41.3-47.7), but moisture content (2.35-4.95%), hygroscopicity (16.28-22.84%), phenolic content (1563.97-3368.38 mg GAE/kg), %RSA (48.24-78.48%), and lightness value (45.3-56.2) were decreased. ^ohue after gum arabic and HPMC were added were between 42.9-46.3 and 42.3-48.9, respectively.

Keywords: papaya powder, gum arabic, HPMC, drying

ABSTRAK

Pepaya tergolong buah klimaterik dimana pemanfaatan dan umur simpannya terbatas. Pepaya dapat dikembangkan menjadi papaya bubuk. Pada pembuatan bubuk pepaya perlu ditambahkan enkapsulan untuk mempercepat proses pengeringan dan melindungi komponen aktif. Enkapsulan yang digunakan adalah gum arab dan HPMC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enkapsulan terhadap sifat fisikokimia bubuk pepaya melalui pengujian kadar air, tingkat higroskopis, total fenol, aktivitas antioksidan, warna, dan pH. Rancangan penelitian yang digunakan adalah desain faktorial tunggal (konsentrasi enkapsulan). Pengacakan sampel dilakukan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK). Taraf perlakuan yang digunakan adalah 2,5%, 5%, dan 7,5% dengan pengulangan sebanyak empat kali. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan ANOVA pada $\alpha=5\%$ untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nyata dan jika ada akan dilanjutkan dengan uji *Duncan*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab dapat meningkatkan kadar air (1,90-4,94%) dan nilai *chroma* (39,4-42,9), namun menurunkan tingkat higroskopis (16,29-24,12%), total fenol (2.812,50-3.240,44 mg GAE/kg), %RSA (46,06-78,62%), nilai *lightness* (43,2-46,6) dan pH (5,21-5,65). Peningkatan konsentrasi HPMC dapat meningkatkan pH (6,19-6,52) dan nilai *chroma* (41,3-47,7), namun menurunkan kadar air (2,35-4,95%), tingkat higroskopis (16,28-22,84%), total fenol (1.563,97-3.368,38 mg GAE/kg), %RSA (48,24-78,48%), dan nilai *lightness* (45,3-56,2). Nilai ^ohue pada penambahan gum arab antara 42,9-46,3, sedangkan pada penambahan HPMC antara 42,3-48,9.

Kata kunci: bubuk pepaya, gum arab, HPMC, cabiner dryer



PENDAHULUAN

Pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan salah satu buah tropis yang cukup banyak dikonsumsi di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistika (2022), produksi buah pepaya di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 1,7 juta ton. Beberapa daerah di Indonesia yang menjadi sentra produksi pepaya antara lain Jawa Timur, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Sulawesi Selatan, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Pepaya matang memiliki daging buah yang lunak, berwarna merah, dan berasa manis, sedangkan pepaya muda dapat dimanfaatkan sebagai sayur (Joymak *et al.*, 2021). Pepaya matang dapat langsung dikonsumsi dalam bentuk segar maupun dalam bentuk olahan lainnya seperti pure, pasta pepaya, manisan kering, saus pepaya, dan jus pepaya (Koul *et al.*, 2022).

Pepaya memiliki cita rasa yang manis, menyegarkan, serta memiliki komponen gizi yang lengkap, seperti protein, serat, vitamin C, kalsium, dan lain-lain. Pepaya juga memiliki komponen non gizi seperti papain, papayotimin, dan kemopapain yang dapat meningkatkan kerja empedu sehingga meningkatkan metabolisme lemak (Singh *et al.*, 2022) serta termasuk buah sumber antioksidan, diantaranya flavonoid, vitamin C, likopen dan β -karoten. Proses pemanasan dapat menyebabkan kandungan flavonoid menurun (Vega-Gálvez *et al.*, 2019), mempercepat oksidasi vitamin C (Pham dan Karim, 2022), menyebabkan β -karoten menjadi rusak (Soto *et al.*, 2020), dan menyebabkan likopen terdegradasi (Saini *et al.*, 2020). Pepaya tergolong buah klimaterik yaitu buah yang selama proses pemasakan akan memproduksi CO₂ dan etilen dalam jumlah yang tinggi. Produksi etilen yang tinggi menyebabkan buah masak lebih cepat sehingga umur simpannya menjadi pendek (Façanha *et al.*, 2019).

Tingginya produksi pepaya di Indonesia serta minimnya pengolahan buah pepaya menyebabkan *losses* pasca panen menjadi tinggi. Untuk mengatasinya diperlukan inovasi proses pengolahan papaya, salah satunya menjadi papaya bubuk. Keunggulan olahan buah dalam bentuk bubuk adalah mudah diaplikasikan pada produk pangan seperti *cookies*, minuman serbuk, es krim, teh, dan yoghurt, mudah disimpan, serta memiliki umur simpan yang panjang (Salehi & Aghajanzadeh, 2020). Bubuk buah biasanya bersifat sangat kering, higroskopis, dan memiliki volume yang besar (Gagneten *et al.*, 2019).

Proses pengeringan dapat dilakukan dengan bantuan sinar matahari maupun alat pengering seperti *freeze dryer*, *vacuum dryer*, *spray dryer*, dan *cabinet dryer* (Minuye *et al.*, 2021). Pengeringan dengan *cabinet dryer* memungkinkan penggunaan suhu rendah dan waktu pengeringan yang dapat dikontrol sehingga mutu produk akhir dapat terjaga (Basseyy *et al.*, 2021). Untuk mempercepat proses pengeringan bubuk buah, perlu ditambahkan enkapsulan. Selain itu, keberadaan enkapsulan dapat melindungi komponen buah yang peka terhadap oksidasi (Bamidele & Emmambux, 2021). Penambahan enkapsulan dilakukan untuk melindungi komponen bahan pangan, memperpanjang daya simpan, mengurangi kehilangan nutrisi, serta melindungi flavor



dan aroma. Enkapsulan yang dapat digunakan adalah gum arab dan HPMC. Gum arab termasuk golongan karbohidrat yang bersifat hidrofilik dan memiliki banyak gugus hidroksil (-OH). Jumlah gugus hidroksil (-OH) dapat mempengaruhi kemampuan gum arab dalam mengikat air (Oh & Kim, 2022). Sedangkan HPMC adalah polimer turunan selulosa. Pada saat terjadi penyebaran molekul, polimer HPMC masuk ke dalam rongga yang dibentuk molekul air sehingga gugus hidroksil (-OH) dari polimer membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air (Jang *et al.*, 2019). Konsentrasi enkapsulan yang ditambahkan dapat mempengaruhi karakteristik bubuk buah pepaya yang dihasilkan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi enkapsulan (gum arab dan HPMC) terhadap sifat fisikokimia bubuk buah pepaya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bubuk pepaya adalah pepaya (*Carica papaya L.*) varietas bangkok yang diperoleh dari pasar tradisional di Surabaya, gum arab, dan *Hydroxy Propyl Methyl Cellulose* (HPMC) yang diperoleh dari pemasok di Surabaya. Bahan penunjang berupa botol plastik, *pouch bag* aluminium foil, dan *silica gel*. Bahan yang digunakan untuk analisis terdiri dari, NaCl, metanol, asam galat, reagen Folin-Ciocalteu, Na₂CO₃ 2%, 2,2-*diphenyl-1-picrylhydrazyl*, dan buffer fosfat (pH=7,2) yang diperoleh dari Merck.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Bubuk Pepaya

Proses pembuatan bubuk pepaya diawali dengan pengupasan buah pepaya matang dan pemarkisan hingga diperoleh bubur pepaya. Bubur buah pepaya kemudian ditimbang 210 g untuk setiap perlakuannya. Gum arab dan HPMC ditimbang sesuai dengan perlakuan (2,5%, 5%, dan 7,5%) (b/b). Bubur buah pepaya dan enkapsulan dicampur menggunakan sendok kemudian diblender 40 detik hingga gum arab atau HPMC terhidrasi merata dan tidak terdapat gumpalan. Selanjutnya, bubur buah ditimbang 70 g dan dihamparkan pada loyang aluminium berukuran 34×23 cm. Pengeringan dilakukan menggunakan *cabinet dryer*, suhu 60-65°C selama 6 jam. Lembaran buah pepaya kering dilepaskan dari loyang dan dihaluskan dengan *grinder* selama 20 detik. Bubuk pepaya selanjutnya diayak dengan ayakan 45 mesh, disimpan dalam botol kaca gelap yang diberi *silica gel*.

Ekstraksi Bubuk Pepaya (Jati *et al.*, 2014 yang dimodifikasi)

Bubuk buah pepaya yang dihasilkan diekstraksi dengan metanol. Sebanyak 2 g bubuk pepaya dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 20 ml metanol. Erlenmeyer ditempatkan pada shaker berkecepatan 125 rpm selama 1 jam pada suhu ruang. Ekstrak dipindah ke tabung dan disentrifugasi dengan kecepatan 6.000 rpm selama 10 menit. Kemudian dilakukan penyaringan supernatan dengan kertas saring Whatman no. 40. Proses



diulang sebanyak empat kali. Ekstrak yang diperoleh disimpan dalam botol kaca berwarna coklat dan disimpan di lemari pendingin.

Analisis Sifat Fisikokimia

Analisis fisikokimia yang dilakukan meliputi kadar air menggunakan metode *thermogravimetri* (Kim *et al.*, 2017), tingkat higroskopis (Ng & Sulaiman, 2018), total fenol menggunakan metode Folin-Ciocalteau (Astadi *et al.*, 2009), aktivitas antioksidan menggunakan metode 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Jati *et al.*, 2014), warna menggunakan *color reader* (Mashabela *et al.*, 2015), dan pH dengan pH meter.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan desain faktorial tunggal yaitu konsentrasi enkapsulan (gum arab dan HPMC). Penambahan dalam penelitian ini adalah gum arab atau HPMC sebanyak 3 taraf yaitu 2,5% ; 5%; dan 7,5% dengan pengulangan sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Formulasi dalam rancangan ini ditetapkan berdasarkan penelitian pendahuluan.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian sifat fisikokimia terhadap perbedaan konsentrasi enkapsulan (gum arab dan HPMC). Data dianalisis dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada $\alpha=5\%$ untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan nyata. Jika hasil uji ANOVA menunjukkan ada perbedaan nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada $\alpha=5\%$ untuk mengetahui taraf perlakuan yang memberikan perbedaan nyata.

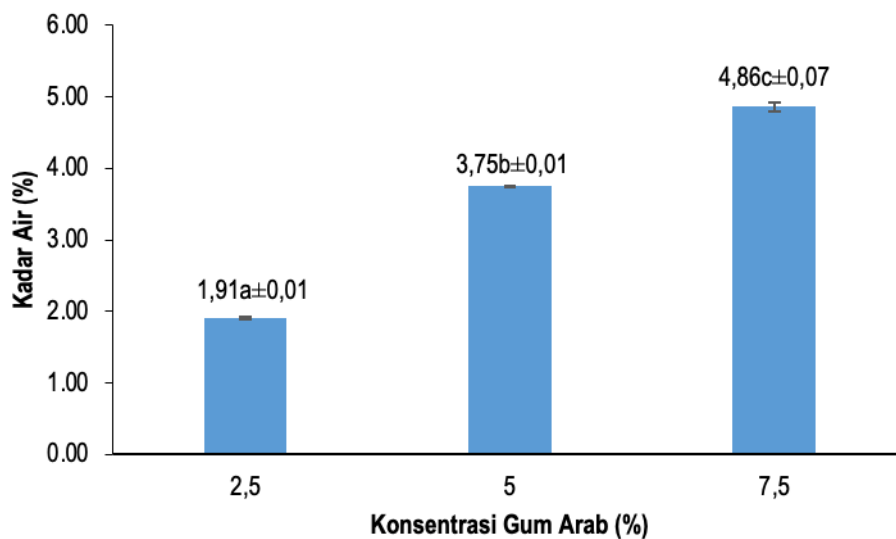
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air pada bahan pangan yang dinyatakan dalam persen. Bahan pangan dengan kadar air tinggi menyebabkan bakteri, kapang, dan khamir mudah berkembang biak sehingga mengakibatkan perubahan fisik maupun kimiawi pada bahan pangan (Taoukis & Richardson, 2020). Kadar air yang tinggi juga menyebabkan produk serbuk mudah menggumpal sehingga umur simpan menjadi lebih pendek (Chang *et al.*, 2019). Pengukuran kadar air bubuk pepaya dilakukan dengan metode *thermogravimetri* dan dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kadar air bubuk pepaya pada penambahan gum arab berkisar antara 1,90-4,94%, sedangkan pada penambahan HPMC berkisar antara 2,35-4,95%. Berdasarkan penelitian Arulprakasajothi *et al.* (2020), kadar air di bawah 10% merupakan kadar air ideal untuk produk bubuk dan pellet buah karena pada kadar air di bawah 10% mikroba sulit untuk tumbuh.



Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada $\alpha = 5\%$ didapatkan bahwa terdapat perbedaan nyata konsentrasi enkapsulan terhadap nilai kadar air bubuk pepaya. Kemudian dilakukan uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada $\alpha=5\%$ terhadap konsentrasi enkapsulan untuk mengetahui perlakuan yang berbeda nyata. Hasil rata-rata kadar air bubuk pepaya dengan penambahan gum arab dan HPMC dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.



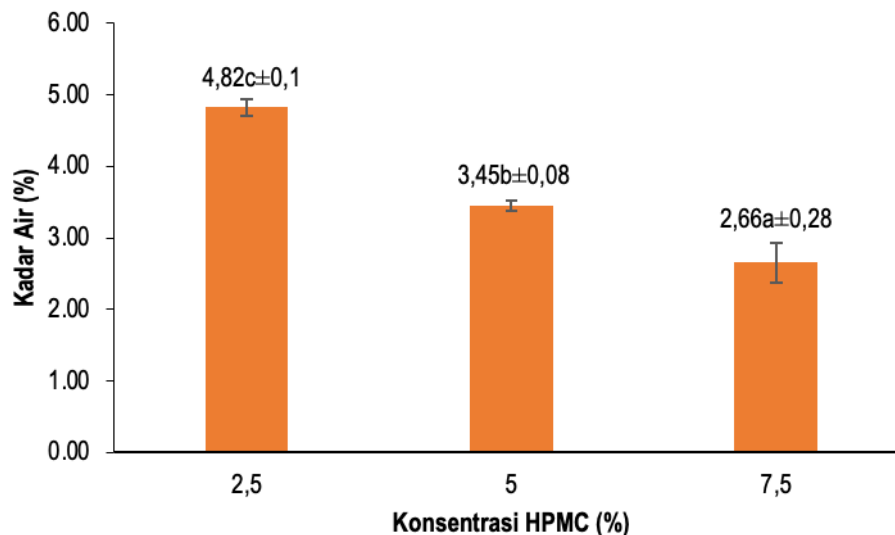
Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 1. Kadar air bubuk pepaya dengan penambahan gum arab

Berdasarkan Gambar 1. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab menyebabkan kadar air bubuk pepaya semakin meningkat. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Do & Nguyen (2018) bahwa semakin tinggi konsentrasi gum arab maka semakin tinggi kadar air bubuk murbei (*mulberry powder*). Penelitian Daza *et al.* (2016) juga mendapatkan hasil bahwa peningkatan konsentrasi gum arab dapat menyebabkan peningkatan kadar air dari bubuk buah cagaita. Selain kedua penelitian tersebut, penelitian Zhang *et al.* (2019) juga mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi gum arab maka kadar air *xylooligosaccharides powder* akan semakin meningkat.

Gum arab memiliki gugus hidroksil (-OH) polar yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air (Mohd Zin *et al.*, 2021). Gum arab juga terdiri dari *arabinogalactan* (AG), *arabinogalactan protein* (AGP), dan *glycoprotein* (GP) (Alba & Kontogiorgos, 2021). Hal ini menyebabkan semakin tinggi konsentrasi gum arab yang ditambahkan maka semakin tinggi pengikatan dan penahanan air terikat lemah oleh protein gum arab. Gum arab memiliki berat molekul yang besar yaitu serta struktur molekul yang kompleks sehingga ikatan gum arab dengan molekul air akan lebih kuat (Suet Li *et al.*, 2021). Semakin tinggi konsentrasi gum arab maka semakin kuat ikatan gum arab dengan molekul air sehingga dapat meningkatkan jumlah air yang diikat pada bahan (Sarabandi *et al.*, 2019). Pada proses pengeringan dengan *cabinet dryer*, pengikatan air bebas dan terikat pada penambahan gum arab 7,5% lebih kuat daripada pada penambahan gum arab 5% dan 2,5% sehingga air yang teruapkan pada



penambahan gum arab 7,5% lebih sedikit daripada penambahan gum arab 5% dan 2,5%. Perlakuan penambahan gum arab 7,5% lebih banyak menguapkan air dibandingkan dengan perlakuan penambahan gum arab 5% dan 2,5% dan kadar air yang terukur juga lebih tinggi.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 2. Kadar air bubuk pepaya dengan penambahan HPMC

Berdasarkan Gambar 2. didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HPMC maka kadar air bubuk pepaya semakin menurun. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Li *et al.* (2017) bahwa semakin tinggi konsentrasi HPMC yang ditambahkan maka semakin rendah kadar air tepung komposit. Peningkatan konsentrasi HPMC menyebabkan peningkatan jumlah molekul pengikat sehingga dapat meningkatkan kekentalan. Peningkatan konsentrasi HPMC juga menyebabkan lapisan pelindung semakin cepat terbentuk dan semakin padat sehingga dapat melindungi lebih banyak partikel di dalamnya. Penelitian Zaidul *et al.* (2020) juga mendapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi HPMC maka kadar air bubuk minyak ikan akan semakin turun. Semakin tinggi konsentrasi HPMC maka dapat meningkatkan viskositas (Lee & Kim, 2020). Peningkatan viskositas menyebabkan luas permukaan menjadi lebih besar sehingga air akan mudah diuapkan dengan *cabinet dryer*.

HPMC merupakan polimer turunan selulosa (Palugan *et al.*, 2021). Selulosa memiliki sifat hidrofilik, yaitu dapat mengikat air terikat dengan gugus hidroksil. Gugus hidroksil (-OH) dari HPMC dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air sehingga HPMC memiliki kemampuan dalam menyerap air. Ikatan hidrogen antara polimer HPMC dan air akan melemahkan ikatan hidrogen antar molekul air sehingga air akan teruapkan (Ghadermazi *et al.*, 2019). Hal ini menyebabkan pada proses pengeringan dengan *cabinet dryer* suhu 60-65°C, air yang diikat pada penambahan HPMC 7,5% banyak yang teruapkan. Pada saat pengukuran kadar air dengan oven 105°C hanya sedikit sisa air dalam bahan yang teruapkan sehingga kadar air yang terukur rendah. Pada penambahan HPMC 2,5%, hanya sedikit air yang teruapkan saat pengeringan dengan *cabinet dryer* suhu 60-

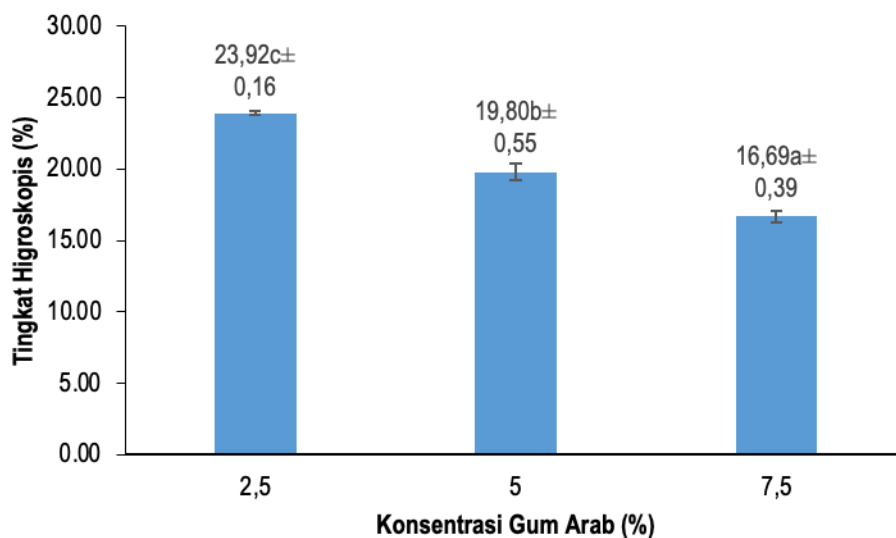


65°C. Pada saat pengukuran kadar air dengan oven 105°C masih banyak sisa air dalam bahan yang belum teruapkan sehingga kadar air yang terukur lebih tinggi.

Tingkat Higroskopis

Tingkat higroskopis adalah kemampuan bahan dalam menyerap uap air dari lingkungan hingga bahan tidak mampu menyerap uap air lagi (Wei *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan tingkat higroskopis bubuk pepaya pada penambahan gum arab berkisar antara 16,29-24,12%, sedangkan pada penambahan HPMC berkisar antara 16,28-22,84%. Menurut Zhang *et al.* (2022), bahan dengan tingkat higroskopis antara 15,1-20% tergolong bahan yang higroskopis, sedangkan bahan dengan tingkat higroskopis antara 20,1-25% tergolong bahan sangat higroskopis.

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA pada $\alpha = 5\%$ didapatkan bahwa terdapat perbedaan nyata konsentrasi enkapsulan terhadap tingkat higroskopis bubuk pepaya. Kemudian dilakukan uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada $\alpha=5\%$ terhadap konsentrasi enkapsulan untuk mengetahui perlakuan yang berbeda nyata. Hasil rata-rata tingkat higroskopis bubuk pepaya dengan penambahan gum arab dan HPMC dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.

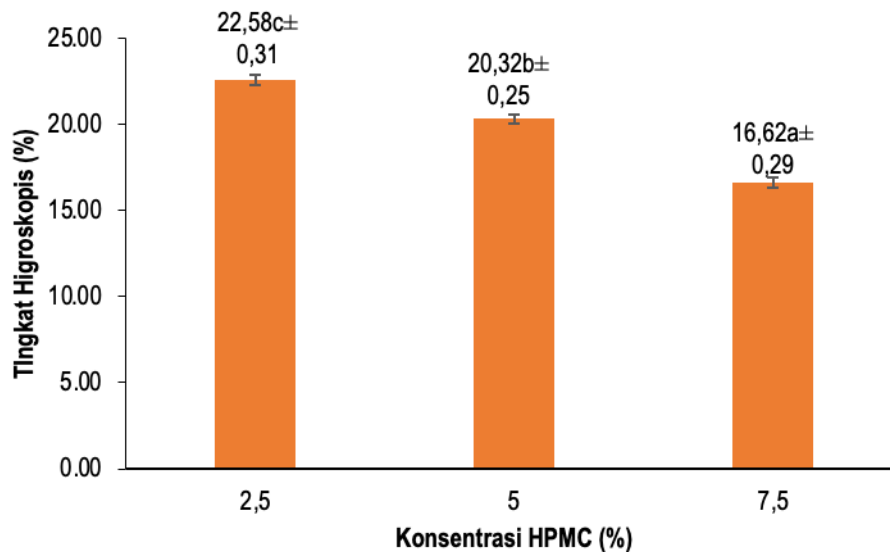


Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 3. Tingkat higroskopis bubuk pepaya dengan penambahan gum arab

Berdasarkan Gambar 3. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab menyebabkan tingkat higroskopis bubuk pepaya semakin menurun. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Adam *et al.* (2022) bahwa semakin tinggi konsentrasi gum arab yang ditambahkan maka tingkat higroskopis bubuk madu semakin menurun. Penelitian Zhang *et al.* (2019) juga mendapatkan hasil bahwa peningkatan konsentrasi gum arab dapat menyebabkan penurunan tingkat higroskopis dari *xylooligosaccharides powder*. Fungsi gum arab sebagai stabilizer yang baik dapat mengurangi tingkat higroskopis dari *xylooligosaccharides powder*.



Gum arab memiliki berat molekul yang besar yaitu ± 500.000 (Glicksman, 2019). Penggunaan *carrier* yang memiliki berat molekul besar dapat menyebabkan peningkatan suhu *glass transition* (TG). Gum arab juga memiliki suhu TG yang tinggi yaitu sebesar $194,5^{\circ}\text{C}$ sehingga dapat meningkatkan suhu TG. Peningkatan suhu TG menyebabkan bubuk pepaya lebih lama dalam mencapai fase *rubbery* sehingga menyebabkan penurunan tingkat higroskopis bubuk pepaya (Linnenkugel et al., 2022). Semakin tinggi konsentrasi gum arab maka semakin tinggi suhu TG sehingga dapat menurunkan tingkat higroskopis bubuk pepaya.



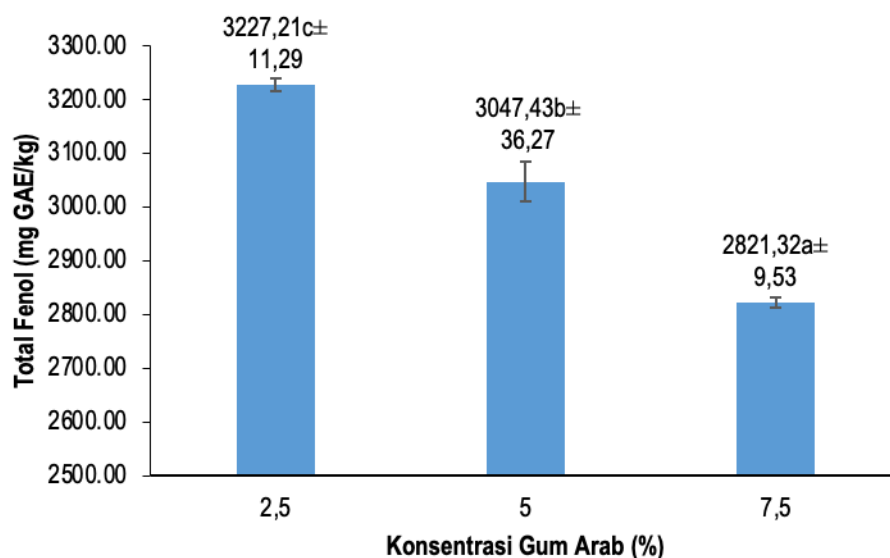
Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 4. Tingkat higroskopis bubuk pepaya dengan penambahan HPMC

Berdasarkan Gambar 4. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi HPMC menyebabkan tingkat higroskopis bubuk pepaya semakin menurun. HPMC memiliki gugus metoksi (OCH_3) sebesar 28-30%. Gugus metoksi HPMC memiliki sifat hidrofobik. Peningkatan konsentrasi HPMC menyebabkan semakin banyak gugus metoksi yang bersifat hidrofobik. Sifat hidrofobik menyebabkan HPMC semakin sulit untuk mengikat air sehingga dapat menurunkan tingkat higroskopis (Yu et al., 2021). Menurut Wang et al. (2015), HPMC memiliki suhu TG yang tinggi yaitu $170-180^{\circ}\text{C}$ sehingga dapat meningkatkan suhu TG. Peningkatan suhu TG menyebabkan bubuk pepaya lebih lama dalam mencapai fase *rubbery* sehingga menurunkan tingkat higroskopis bubuk pepaya. Wang et al. (2014) menambahkan bahwa peningkatan konsentrasi HPMC dapat menurunkan *equilibrium moisture content* (EMC), dimana EMC adalah kadar air yang terserap ketika tekanan parsial pada permukaan bahan sama dengan tekanan uap. Penurunan EMC disebabkan karena peningkatan konsentrasi HPMC dapat menyebabkan peningkatan suhu TG. Hal ini menyebabkan perlakuan HPMC 7,5% memiliki tingkat higroskopis yang lebih rendah dibandingkan perlakuan HPMC 5% dan 2,5%.

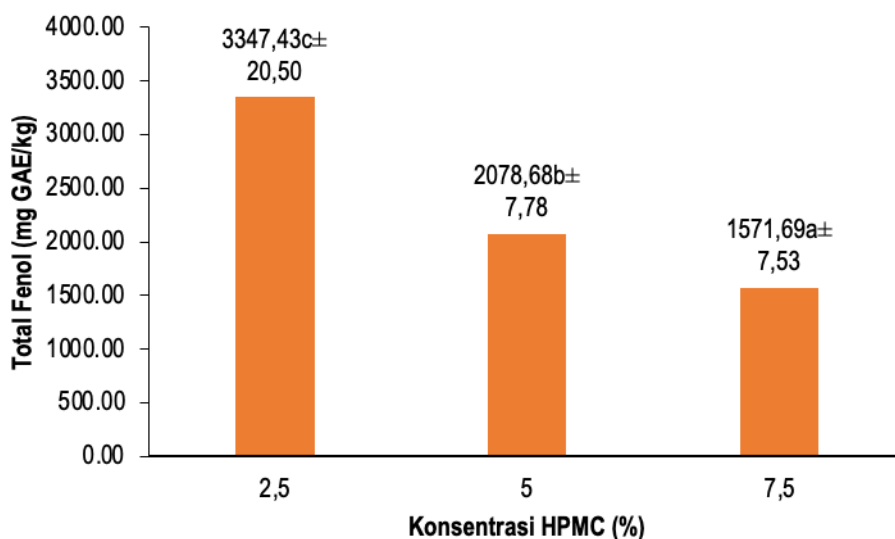


Total Fenol

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan total fenol bubuk pepaya pada penambahan gum arab berkisar antara 2.812,50-3.240,44 mg GAE/kg, sedangkan pada penambahan HPMC berkisar antara 1.563,97-3.368,38 mg GAE/kg. Hasil rata-rata total fenol bubuk pepaya dengan penambahan gum arab dan HPMC dapat dilihat pada Gambar 5. dan Gambar 6.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 5. Total fenol bubuk pepaya dengan penambahan gum arab



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 6. Total fenol bubuk pepaya dengan penambahan HPMC

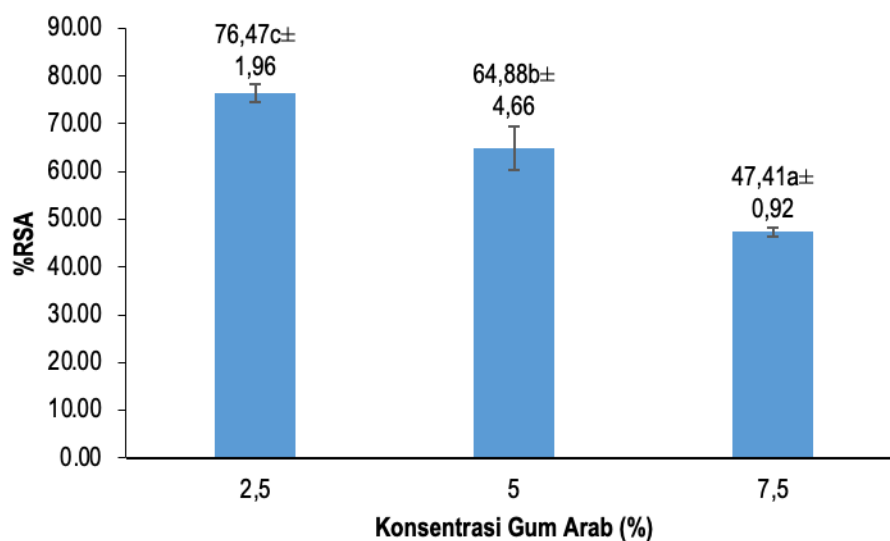
Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab maupun HPMC menyebabkan total fenol bubuk pepaya semakin menurun. Penurunan total fenol disebabkan karena komponen aktif yang semakin terlindungi dengan peningkatan konsentrasi enkapsulan. Menurut Marcillo-Parra et



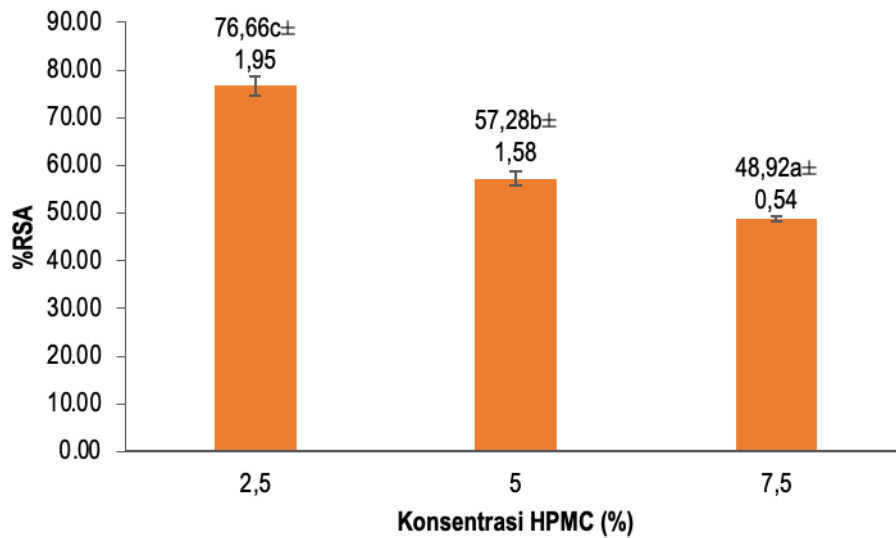
al. (2021), proses enkapsulasi dapat melindungi komponen aktif dari pengaruh lingkungan dengan cara membentuk lapisan pelindung. HPMC memiliki kemampuan dalam membentuk lapisan film yang melindungi dan memiliki sifat kuat. Peningkatan konsentrasi HPMC juga menyebabkan viskositas semakin tinggi sehingga lapisan film yang dihasilkan akan semakin tebal dan semakin banyak senyawa fenol yang terlindungi (Ghadermazi *et al.*, 2019). Penelitian Safithri *et al.* (2020) menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi gum arab yang ditambahkan, maka total fenol minuman nanoenkapsulasi semakin rendah. Gum arab memiliki gugus *arabinogalactan protein* (AGP) dan *glicoprotein* (GP) yang dapat berperan sebagai pengental dan melindungi koloid sehingga dapat melindungi komponen aktif. Atom hidrogen pada gugus hidroksil (-OH) gum arab juga dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidroksil pada senyawa fenolik. Peningkatan konsentrasi gum arab menyebabkan semakin banyak senyawa fenol yang terlindungi.

Aktivitas Antioksidan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan %*radical scavenging activity* (%RSA) pepaya pada penambahan gum arab berkisar antara 46,06-78,62%, sedangkan pada penambahan HPMC berkisar antara 48,24-78,48%. Hasil rata-rata %RSA bubuk pepaya dengan penambahan gum arab dan HPMC dapat dilihat pada Gambar 7. dan Gambar 8.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 7. %RSA bubuk pepaya dengan penambahan gum arab



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 8. %RSA bubuk pepaya dengan penambahan HPMC

Warna

Pengujian warna bubuk pepaya dilakukan secara objektif menggunakan alat *color reader*. Hasil dari pengujian warna dengan *color reader* berupa nilai *lightness* (L), *redness* (a*), *yellowness* (b*), *chroma*, dan *hue*. Tabel rata-rata warna bubuk pepaya dengan penambahan gum arab dan HPMC dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Warna Bubuk Pepaya dengan Penambahan Gum Arab dan HPMC

Perlakuan	L	a*	b*	Chroma	°Hue	Warna
Gum arab 2,5%	46,35 ^c ±0,24	28.10 ^a ±0,43	28.05 ^a ±0,54	39.70 ^a ±0,24	44,95 ^a ±0,91	
Gum arab 5%	44,98 ^b ±0,39	28,33 ^a ±0,62	28,83 ^a ±0,21	40,40 ^a ±0,42	45,50 ^a ±0,71	
Gum arab 7,5%	43,58 ^a ±0,39	30,23 ^b ±0,31	29,00 ^a ±0,90	41,88 ^b ±0,68	43,80 ^a ±0,89	
HPMC 2,5%	54,98 ^c ±1,10	29,73 ^A ±1,23	30,03 ^A ±1,55	42,28 ^A ±0,79	45,30 ^A ±2,49	
HPMC 5%	48,43 ^B ±0,79	30,00 ^A ±0,88	31,23 ^A ±1,70	43,33 ^A ±1,05	46,13 ^A ±2,14	
HPMC 7,5%	46,25 ^A ±0,89	31,55 ^A ±0,30	34,55 ^B ±0,65	46,78 ^B ±0,63	47,63 ^A ±0,38	

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$

Rata-rata nilai *lightness* bubuk pepaya dengan penambahan gum arab adalah antara 43,2-46,6, sedangkan rata-rata nilai *lightness* bubuk pepaya dengan penambahan HPMC adalah antara 45,3-56,2. Berdasarkan Tabel 1. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab maupun HPMC dapat menyebabkan nilai *lightness* bubuk pepaya semakin menurun. Penurunan nilai *lightness* menandakan bahwa warna bubuk pepaya yang dihasilkan memiliki warna yang semakin tidak cerah. Hasil ini sejalan dengan penelitian Adsare &



Annapure (2021), bahwa semakin tinggi konsentrasi gum arab yang ditambahkan maka nilai *lightness* dari bubuk kurkumin dengan santan whey (*curcumin-coconut whey powder*) akan semakin menurun. Gum arab dapat menstabilkan dan melindungi komponen warna sehingga warna dari komponen warna dapat tetap terjaga. Warna bubuk pepaya dipengaruhi oleh pigmen dominan pada buah pepaya yaitu karotenoid. Semakin tinggi konsentrasi enkapsulan maka semakin efektif dalam melindungi karoten sehingga nilai *lightness* akan semakin menurun.

Rata-rata nilai a^* bubuk pepaya dengan penambahan gum arab adalah antara 27,5-30,5, sedangkan rata-rata nilai a^* bubuk pepaya dengan penambahan HPMC adalah antara 27,9-31,9. Nilai a^* bernilai positif sehingga menunjukkan adanya warna kemerahan pada bubuk pepaya. Berdasarkan Tabel 1. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab dari konsentrasi 2,5% hingga 5% tidak memberikan perbedaan nyata pada nilai a^* bubuk pepaya, namun penambahan enkapsulan dari konsentrasi 5% hingga 7,5% menyebabkan nilai a^* bubuk pepaya semakin meningkat. Gum arab memiliki sifat yang tahan terhadap panas sehingga dapat mempertahankan karoten sampel (González-Peña *et al.*, 2021) wartini. Peningkatan konsentrasi gum arab dapat meningkatkan kemampuan dalam mempertahankan karoten. Peningkatan konsentrasi HPMC dari konsentrasi 2,5% hingga 7,5% tidak memberikan perbedaan nyata pada nilai a^* bubuk pepaya.

Rata-rata nilai b^* bubuk pepaya dengan penambahan gum arab adalah antara 27,4-30,3, sedangkan rata-rata nilai b^* bubuk pepaya dengan penambahan HPMC adalah antara 27,8-35,5. Nilai b^* bernilai positif sehingga menunjukkan adanya warna kekuningan pada bubuk pepaya. Berdasarkan Tabel 1. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab tidak memberikan perbedaan nyata terhadap nilai b^* bubuk pepaya. Sementara, peningkatan konsentrasi HPMC dari konsentrasi 2,5% hingga 5% tidak memberikan perbedaan nyata pada nilai b^* bubuk pepaya, namun penambahan enkapsulan dari konsentrasi 5% hingga 7,5% menyebabkan nilai b^* bubuk pepaya semakin meningkat. HPMC memiliki kemampuan dalam membentuk lapisan film yang bersifat kuat (Ghadermazi *et al.*, 2019) sehingga dapat melindungi komponen warna. Semakin tinggi konsentrasi HPMC maka semakin efektif dalam melindungi karoten sehingga nilai b^* akan semakin meningkat.

Rata-rata nilai *chroma* bubuk pepaya dengan penambahan gum arab adalah antara 39,4-42,9, sedangkan rata-rata nilai *chroma* bubuk pepaya dengan penambahan HPMC adalah antara 41,3-47,7. Berdasarkan Tabel 1. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab maupun HPMC dari konsentrasi 2,5% hingga 5% tidak memberikan perbedaan nyata pada nilai *chroma* bubuk pepaya, namun penambahan enkapsulan dari konsentrasi 5% hingga 7,5% menyebabkan nilai *chroma* bubuk pepaya semakin meningkat. Nilai *chroma* adalah hasil konversi dari nilai a^* dan b^* . Peningkatan nilai *chroma* menandakan bahwa warna bubuk pepaya semakin pekat.

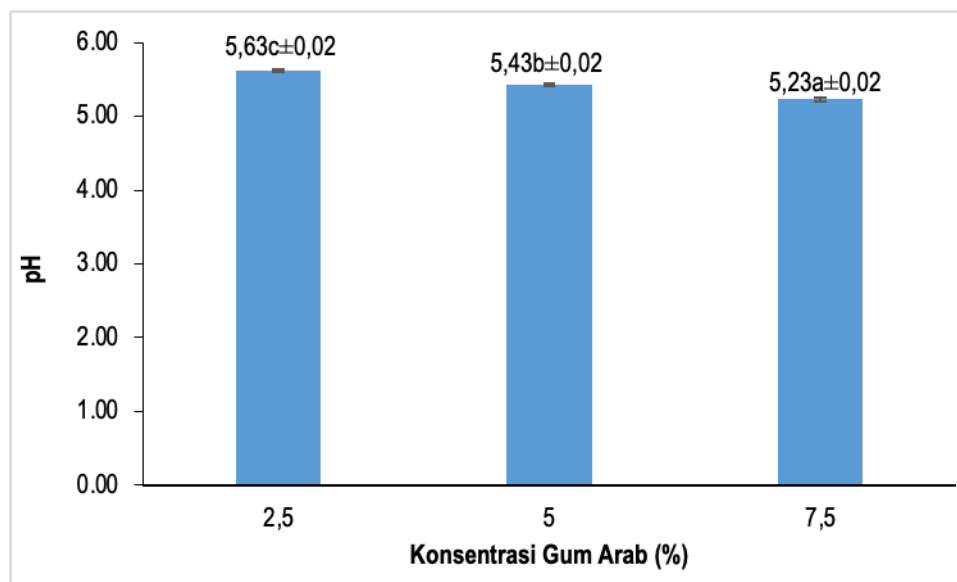
Rata-rata nilai $^{\circ}hue$ bubuk pepaya dengan penambahan gum arab adalah antara 42,9-46,3, sedangkan rata-rata nilai $^{\circ}hue$ bubuk pepaya dengan penambahan HPMC adalah antara 42,3-48,9. Berdasarkan hasil yang



diperoleh menunjukkan bahwa warna bubuk pepaya masuk dalam kategori warna *orange* atau *jingga*. Warna *jingga* diperoleh dari pigmen karotenoid pada buah pepaya.

pH

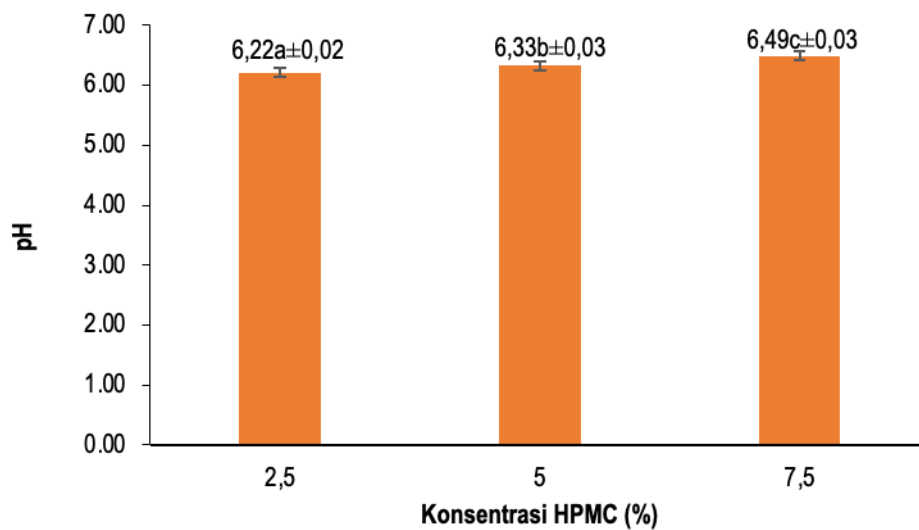
Penambahan gum arab dan HPMC menghasilkan rata-rata pH yang berbeda yaitu antara 5,21-5,65 pada penambahan gum arab dan antara 6,19-6,52 pada penambahan HPMC. Gum arab yang digunakan pada penelitian memiliki pH 5,16. Menurut Li et al. (2019), gum arab mempunyai sifat sedikit asam (pH 4,5-5,5) dan dapat membentuk larutan yang stabil pada pH 5,0-7,0. Hal ini menyebabkan perlakuan penambahan gum arab memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan dengan pH bubuk buah pepaya maupun perlakuan penambahan HPMC. HPMC yang digunakan memiliki pH 6,33. HPMC memiliki ion hidroksida (OH⁻) yang dapat memberi sifat basa. Hal ini menyebabkan perlakuan penambahan HPMC memiliki pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan pH bubuk buah pepaya maupun perlakuan penambahan gum arab. Hasil rata-rata pH bubuk pepaya dengan penambahan gum arab dan HPMC dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$

Gambar 9. pH bubuk pepaya dengan penambahan gum arab

Berdasarkan Gambar 9. didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi gum arab menyebabkan pH bubuk pepaya semakin menurun. Gum arab yang digunakan pada penelitian memiliki pH sebesar 5,16 sedangkan bubuk pepaya memiliki pH sebesar 5,71 sehingga penambahan gum arab dapat menurunkan pH bubuk pepaya. Semakin tinggi konsentrasi gum arab maka semakin banyak sifat asam yang diberikan pada bubuk buah. Hal ini menyebabkan perlakuan gum arab 7,5% memiliki pH yang lebih rendah dibandingkan perlakuan gum arab 5% dan 2,5%.



Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada $\alpha = 5\%$
Gambar 10. pH bubuk pepaya dengan penambahan HPMC

Berdasarkan Gambar 10. didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HPMC maka pH bubuk pepaya semakin meningkat. HPMC yang digunakan pada penelitian ini memiliki pH 6,33 sedangkan bubur pepaya memiliki pH sebesar 5,71 sehingga penambahan HPMC sehingga dapat meningkatkan pH bubuk pepaya. pH bubuk pepaya yang dihasilkan dengan penambahan HPMC adalah sebesar 6,19-6,52. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ghadermazi *et al.* (2019) bahwa HPMC murni dapat memberikan sifat netral pada larutan karena pH larutan HPMC murni adalah sebesar 6,47-7,87. Semakin tinggi konsentrasi HPMC maka semakin banyak sifat basa yang diberikan pada bubur buah. Hal ini menyebabkan perlakuan HPMC 7,5% memiliki pH yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan HPMC 5% dan 2,5%.

KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi gum arab dapat meningkatkan kadar air, nilai a^* , dan nilai *chroma* bubuk pepaya, menurunkan tingkat higroskopis, total fenol, %RSA, pH, dan nilai *lightness* bubuk pepaya, serta tidak memberikan perbedaan nyata terhadap nilai b^* dan nilai $^{\circ}hue$ bubuk pepaya. Peningkatan konsentrasi HPMC dapat meningkatkan pH, nilai a^* , nilai b^* , dan nilai *chroma* bubuk pepaya, menurunkan kadar air, tingkat higroskopis, total fenol, %RSA, dan nilai *lightness* bubuk pepaya, serta tidak memberikan perbedaan nyata terhadap nilai $^{\circ}hue$ bubuk pepaya.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan pendanaan untuk keberlangsungan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, A. A., Jasniewski, J., Vuillemin, M. E., Simard, B., Burgain, J., Badin, R., Muniglia, L., & Michaux, F. 2022. Enzymatic mediated modification of gum Arabic by curcumin oxidation products: Physicochemical and self-assembly study. *Food Hydrocolloids*, 126, 107451. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107451>
- Adsare, S. R., & Annapure, U. S. 2021. Microencapsulation of curcumin using coconut milk whey and Gum Arabic. *Journal of Food Engineering*, 298, 110502. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110502>
- Alba, K., & Kontogiorgos, V. 2021. Techniques for the chemical and physicochemical characterization of polysaccharides. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 27–74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00026-7>
- Arulprakasajothi, M., Beemkumar, N., Parthipan, J., & Battu, N. raju. 2020. Investigating the Physio-chemical Properties of Densified Biomass Pellet Fuels from Fruit and Vegetable Market Waste. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(2), 563–574. <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04294-8>
- Astadi, I. R., Astuti, M., Santoso, U., & Nugraheni, P. S. 2009. In vitro antioxidant activity of anthocyanins of black soybean seed coat in human low density lipoprotein (LDL). *Food Chemistry*, 112(3), 659–663. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.034>
- Bamidele, O. P., & Emmambux, M. N. 2021. Encapsulation of bioactive compounds by “extrusion” technologies: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(18), 3100–3118. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1793724>
- Bassey, E. J., Cheng, J.-H., & Sun, D.-W. 2021. Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 137–148. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.045>
- Chang, L. S., Karim, R., Sabo Mohammed, A., Chai, K. F., & Ghazali, H. M. 2019). Moisture sorption isotherm and shelf-life prediction of anticaking agent incorporated spray-dried soursop (*Annona muricata* L.) powder. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13134>
- Daza, L. D., Fujita, A., Fávoro-Trindade, C. S., Rodrigues-Ract, J. N., Granato, D., & Genovese, M. I. 2016. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. *Food and Bioproducts Processing*, 97, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.10.001>
- Do, H. T. T., & Nguyen, H. V. H. 2018. Effects of Spray-Drying Temperatures and Ratios of Gum Arabic to Microcrystalline Cellulose on Antioxidant and Physical Properties of Mulberry Juice Powder. *Beverages*, 4(4), 101. <https://doi.org/10.3390/beverages4040101>
- Façanha, R. V., Spricigo, P. C., Purgatto, E., & Jacomino, A. P. 2019. Combined application of ethylene and 1-methylcyclopropene on ripening and volatile compound production of “Golden” papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 151, 160–169. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.02.005>
- Gagneten, M., Corfield, R., Mattson, M. G., Sozzi, A., Leiva, G., Salvatori, D., & Schebor, C. 2019. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content. *Powder Technology*, 342, 1008–1015. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.048>



- Ghadermazi, R., Hamdipour, S., Sadeghi, K., Ghadermazi, R., & Khosrowshahi Asl, A. 2019. Effect of various additives on the properties of the films and coatings derived from hydroxypropyl methylcellulose—A review. *Food Science & Nutrition*, 7(11), 3363–3377. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1206>
- Glicksman, M. (Ed.). 2019. *Food hydrocolloids*. CRC Press.
- González-Peña, M. A., Lozada-Ramírez, J. D., & Ortega-Regules, A. E. 2021. Antioxidant activities of spray-dried carotenoids using maltodextrin-Arabic gum as wall materials. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00515-z>
- Jang, S., Shin, W.-K., & Kim, Y. 2019. Texture of steamed rice cake prepared via soy residue and hydroxypropyl methylcellulose supplementation. *Cereal Chemistry*, 96(1), 57–65. <https://doi.org/10.1002/cche.10083>
- Jati, I. R. A. P., Nohr, D., & Konrad Biesalski, H. 2014. Nutrients and antioxidant properties of Indonesian underutilized colored rice. *Nutrition & Food Science*, 44(3), 193–203. <https://doi.org/10.1108/NFS-06-2013-0069>
- Joymak, W., Ngamukote, S., Chantarasinlapin, P., & Adisakwattana, S. 2021. Unripe Papaya By-Product: From Food Wastes to Functional Ingredients in Pancakes. *Foods*, 10(3), 615. <https://doi.org/10.3390/foods10030615>
- Kim, I.-D., Dhungana, S., Park, Y.-S., Kim, D., & Shin, D.-H. 2017. Persimmon Fruit Powder May Substitute Indolbi, a Synthetic Growth Regulator, in Soybean Sprout Cultivation. *Molecules*, 22(9), 1462. <https://doi.org/10.3390/molecules22091462>
- Koul, B., Pudhuvai, B., Sharma, C., Kumar, A., Sharma, V., Yadav, D., & Jin, J.-O. 2022. Carica papaya L.: A Tropical Fruit with Benefits beyond the Tropics. *Diversity*, 14(8), 683. <https://doi.org/10.3390/d14080683>
- Lee, H., & Kim, H.-S. 2020. Pasting and paste properties of waxy rice starch as affected by hydroxypropyl methylcellulose and its viscosity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 1202–1210. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.250>
- Li, J., Zhao, L., Lin, X., Shen, L., & Feng, Y. 2017. Co-spray Drying with HPMC as a Platform to Improve Direct Compaction Properties of Various Tablet Fillers. *AAPS PharmSciTech*, 18(8), 3105–3115. <https://doi.org/10.1208/s12249-017-0794-1>
- Li, Q., Wang, Z., Dai, C., Wang, Y., Chen, W., Ju, X., Yuan, J., & He, R. 2019. Physical stability and microstructure of rapeseed protein isolate/gum Arabic stabilized emulsions at alkaline pH. *Food Hydrocolloids*, 88, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.09.020>
- Linnenkugel, S., Paterson, A. H. J., Huffman, L. M., & Bronlund, J. E. 2022. Prediction of the effect of water on the glass transition temperature of low molecular weight and polysaccharide mixtures. *Food Hydrocolloids*, 128, 107573. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107573>
- Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D. S., González, Z., & Ruales, J. 2021. Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.009>
- Mashabela, M. N., Selahle, K. M., Soundy, P., Crosby, K. M., & Sivakumar, D. 2015. Bioactive Compounds and Fruit Quality of Green Sweet Pepper Grown under Different Colored Shade Netting during Postharvest Storage: Photo-selective netting and pepper quality.... *Journal of Food Science*, 80(11), H2612–H2618. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13103>
- Minuye, M., Getachew, P., Laillou, A., Chitekwe, S., & Baye, K. 2021. Effects of different drying methods and ascorbic acid pretreatment on carotenoids and polyphenols of papaya fruit in Ethiopia. *Food Science & Nutrition*, 9(6), 3346–3353. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2324>



- Ng, M. L., & Sulaiman, R. 2018. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. *LWT*, 88, 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.032>
- Oh, S., & Kim, D.-Y. 2022. Characterization, Antioxidant Activities, and Functional Properties of Mucilage Extracted from *Corchorus olitorius* L. *Polymers*, 14(12), 2488. <https://doi.org/10.3390/polym14122488>
- Palugan, L., Filippin, I., Cirilli, M., Moutaharrik, S., Zema, L., Cerea, M., Maroni, A., Foppoli, A., & Gazzaniga, A. 2021. Cellulase as an “active” excipient in prolonged-release HPMC matrices: A novel strategy towards zero-order release kinetics. *International Journal of Pharmaceutics*, 607, 121005. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.121005>
- Pham, N. D., & Karim, M. A. 2022. Investigation of nutritional quality evolution of papaya during intermittent microwave convective drying. *Drying Technology*, 40(16), 3694–3707. <https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2077752>
- Safithri, M., Indariani, S., & Yuliani, R. 2020. Effect of Microencapsulation Techniques on Physical and Chemical Characteristics of Functional Beverage Based on Red Betel Leaf Extract (*Piper crocatum*). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 23(8), 276–282. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.8.276-282>
- Saini, R. K., A. Bekhit, A. E.-D., Roohinejad, S., Rengasamy, K. R. R., & Keum, Y.-S. 2020. Chemical Stability of Lycopene in Processed Products: A Review of the Effects of Processing Methods and Modern Preservation Strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(3), 712–726. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06669>
- Salehi, F., & Aghajanzadeh, S. 2020. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.011>
- Sarabandi, K., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S., & Mohammadi, A. 2019. Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.133>
- Singh, P., Singh, R. L., Pathak, N., Singh, P. K., Tripathi, M., & Mondal, S. 2022. Phytochemistry and nutraceutical properties of *Carica papaya* (Linn.): A review. *Dietary Supplements and Nutraceuticals*, 1(9), 1. <https://doi.org/10.31989/dsn.v1i9.991>
- Soto, M., Dhuique-Mayer, C., Servent, A., Jiménez, N., Vaillant, F., & Achir, N. 2020. A kinetic study of carotenoid degradation during storage of papaya chips obtained by vacuum frying with saturated and unsaturated oils. *Food Research International*, 128, 108737. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108737>
- Suet Li, T., Sulaiman, R., Rukayadi, Y., & Ramli, S. 2021. Effect of gum Arabic concentrations on foam properties, drying kinetics and physicochemical properties of foam mat drying of cantaloupe. *Food Hydrocolloids*, 116, 106492. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106492>
- Taoukis, P. S., & Richardson, M. 2020. Principles of Intermediate-Moisture Foods and Related Technology. In G. V. Barbosa-Cánovas, A. J. Fontana, S. J. Schmidt, & T. P. Labuza (Eds.), *Water Activity in Foods* (1st ed., pp. 385–424). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch16>
- Vega-Gálvez, A., Poblete, J., Quispe-Fuentes, I., Uribe, E., Bilbao-Sainz, C., & Pastén, A. 2019. Chemical and bioactive characterization of papaya (*Vasconcellea pubescens*) under different drying technologies: Evaluation of antioxidant and antidiabetic potential. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3), 1980–1990. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00117-4>
- Wang, S., Li, J., Lin, X., Feng, Y., Kou, X., Babu, S., & Panicucci, R. 2015. Novel coprocessed excipients composed of lactose, HPMC, and PVPP for tableting and its application. *International Journal of Pharmaceutics*, 486(1–2), 370–379. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2015.03.069>



- Wang, Y., Xie, Y., Xu, D., Lin, X., Feng, Y., & Hong, Y. 2014. Hydroxypropyl Methylcellulose Reduces Particle Adhesion and Improves Recovery of Herbal Extracts During Spray Drying of Chinese Herbal Medicines. *Drying Technology*, 32(5), 557–566. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.843543>
- Wei, Y., Yang, X., Jiang, S., Liang, H., Li, B., & Li, J. 2022. Anti-hygroscopic effect of wheat gluten on freeze-dried apple powder. *LWT*, 167, 113887. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113887>
- Yu, J. Y., Roh, S. H., & Park, H. J. 2021. Characterization of ferulic acid encapsulation complexes with maltodextrin and hydroxypropyl methylcellulose. *Food Hydrocolloids*, 111, 106390. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106390>
- Zaidul, I. S. M., Fahim, T. K., Sahena, F., Azad, A. K., Rashid, M. A., & Hossain, M. S. 2020. Dataset on applying HPMC polymer to improve encapsulation efficiency and stability of the fish oil: In vitro evaluation. *Data in Brief*, 32, 106111. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106111>
- Zhang, L., Grace, P. M., & Sun, D.-W. 2022. A new theoretical model for moisture sorption isotherms and its application in deriving a hygroscopicity index for food products. *Journal of Food Engineering*, 315, 110817. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110817>
- Zhang, L., Zeng, X., Qiu, J., Du, J., Cao, X., Tang, X., Sun, Y., Li, S., Lei, T., Liu, S., & Lin, L. 2019. Spray-dried xylooligosaccharides carried by gum Arabic. *Industrial Crops and Products*, 135, 330–343. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.045>