

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) dikenal memiliki berbagai kandungan bioaktif yang bermanfaat dan telah digunakan sebagai obat tradisional maupun suplemen kesehatan oleh masyarakat di daerah tropis. Berbagai penelitian menyimpulkan bahwa bioaktif yang terkandung pada buah mengkudu dapat berfungsi sebagai antioksidan, antimikroba, anti-inflamasi, dan bahkan anti-kanker. Namun, buah mengkudu memiliki sifat mudah rusak, memiliki bau tidak sedap, dan rasa sepat/pahit, sehingga perlu adanya suatu proses operasi, agar bahan bioaktif yang terkandung di dalam buah dapat diterima oleh konsumen dan dimanfaatkan sampai jangka waktu lebih lama. Ekstraksi bahan bioaktif dan mikroenkapsulasi dapat menjadi pilihan proses, sehingga diperoleh manfaat produk yang diharapkan. Ekstraksi buah mengkudu dengan bantuan gelombang mikro (*microwave-assisted extraction* (MAE)) menjadi pilihan karena proses ini dapat mempersingkat waktu ekstraksi serta meningkatkan hasil ekstraksi dan kualitas produk, karena bahan dapat dipanaskan dengan cepat. Koaservasi kompleks dipilih sebagai metode mikroenkapsulasi karena efisiensi enkapsulasi yang tinggi (hingga 99%), biaya pemrosesan yang relatif rendah, kemampuan untuk menggunakan bahan kulit mikrokapsul yang bersifat *food grade*, dan sintesis yang dapat dilakukan pada suhu lingkungan. Metode pengeringan *spray drying* dipilih untuk mengeringkan mikrokapsul, sehingga terbentuk serbuk kering, karena *spray drying* cocok untuk enkapsulasi senyawa yang peka terhadap panas.

Tujuan penelitian adalah mempelajari proses mikroenkapsulasi ekstrak buah mengkudu, yang diperoleh melalui ekstraksi MAE, dengan metode koaservasi kompleks menggunakan bahan dinding gelatin dan gum arab. Tujuan khusus penelitian diantaranya adalah mempelajari perbandingan jenis solven yang digunakan pada proses ekstraksi, mempelajari pengaruh variabel penambahan bahan *cross-linker* terhadap proses koaservasi kompleks ekstrak buah mengkudu, mempelajari aktivitas bahan bioaktif di dalam mikrokapsul selama penyimpanan, serta mempelajari kinetika penghambatan radikal DPPH oleh mikrokapsul.

Metode penelitian yang dilakukan dan variabel penelitian yang dipelajari adalah sebagai berikut: mengekstrak buah mengkudu dengan metode MAE dengan variasi rasio solven : buah, waktu pencampuran, komposisi solven, dan waktu iradiasi; mengevaluasi hasil MAE melalui kadar total fenol dan flavonoid; mikroenkapsulasi ekstrak dengan variasi penambahan asam tanat sebagai *cross-linker*; mengkaraktirasi fisik mikrokapsul, yaitu morfologi, *yield*, dan kadar air; mengevaluasi kinetika penghambatan radikal DPPH oleh mikrokapsul; serta mengkaraktirasi kimia mikrokapsul berupa kandungan total fenol dan flavonoid dan identifikasi zat aktif.

Kondisi ekstraksi yang memberikan hasil optimal pada kandungan fenol total (TPC) dan kandungan flavonoid total (TFC) adalah perbandingan buah mengkudu dan solven yaitu 5 g dalam 10 ml; waktu pencampuran antara buah dan solven selama 45 menit; penggunaan solven berupa etanol 70% dalam air; dan waktu iradiasi dengan *microwave* selama 90 detik. Ekstrak yang telah diuapkan solvennya menggunakan *rotary evaporator* memiliki nilai TFC $8,06 \pm 0,022$ mg QE/ml atau $16,1 \pm 0,044$ mg QE/g padatan dan TPC $10,29 \pm 0,276$ mg GAE/ml atau $21,04 \pm 0,886$ mg GAE/g padatan.

Mikroenkapsulasi ekstrak buah mengkudu menghasilkan lima variasi mikrokapsul yaitu mikrokapsul tanpa emulsifikasi (TE), mikrokapsul tanpa asam tanat (TT), mikrokapsul dengan asam tanat 0,5% (T0,5), mikrokapsul dengan asam tanat 1% (T1), dan mikrokapsul dengan asam tanat 2% (T2). Nilai TPC dan TFC kelima mikrokapsul adalah TE $0,03439 \pm 0,001$ mg GAE/ml dan $0,07370 \pm 0,012$ mg QE/ml, TT $0,03058 \pm 0,001$ mg GAE/ml dan $0,13875 \pm 0,005$ mg QE/ml, T0,5 $0,04344 \pm 0,022$ mg GAE/ml dan $0,05009 \pm 0,001$ mg QE/ml, T1 $0,12604 \pm 0,053$ mg GAE/ml dan $0,07547 \pm 0,003$ mg QE/ml, serta T2 $0,19477 \pm 0,003$ mg GAE/ml dan $0,10401 \pm 0,003$ mg QE/ml.

Mikrokapsul disimpan selama sembilan minggu dan diidentifikasi penurunan nilai TPC, TFC, dan kemampuan menghambat radikal bebas DPPH. Mikrokapsul TE (k: 0,021/minggu) memiliki struktur yang lebih baik dalam melindungi TPC ekstrak mengkudu selama periode penyimpanan dibandingkan dengan mikrokapsul TT (k: 0,043/minggu). Mikrokapsul TT (k: 0,038/minggu) dan mikrokapsul TE (k: 0,034/minggu) sama baiknya dalam melindungi TFC ekstrak mengkudu. Mikroenkapsulasi yang melalui proses emulsifikasi dan penambahan asam tanat sebagai *cross-linker* (mikrokapsul TT, T0,5, T1, dan T2) menunjukkan semakin banyak ditambahkan asam tanat, semakin baik mikrokapsul dapat melindungi TPC ekstrak mengkudu dan mencegah rusaknya flavonoid pada mikrokapsul selama periode penyimpanan. Mikrokapsul TT (k: 0,065/minggu) memiliki kemampuan menghambat radikal DPPH yang lebih stabil selama penyimpanan dibandingkan dengan mikrokapsul TE (k: 0,114/minggu). Urutan kestabilan mikrokapsul dalam menghambat radikal DPPH adalah mikrokapsul T2 (k: 0,026/minggu), T1 (k: 0,03/minggu), T0,5 (k: 0,04/minggu), dan TT (k: 0,065/minggu), sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak ditambahkan asam tanat sebagai agen *cross-linking*, maka semakin baik mikrokapsul dalam menghambat radikal DPPH.

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mempelajari pemanfaatan *freeze drying* untuk pengeringan mikrokapsul dan penggunaan buah mengkudu yang telah dikeringkan sebagai bahan baku ekstraksi.

Kata kunci: asam tanat, *cross-linker*, DPPH, MAE, mengkudu, TFC, TPC

ABSTRACT

*Noni fruit (*Morinda citrifolia* L.) has been known to have various beneficial bioactive ingredients and has been used as traditional medicine and health supplement by people in the tropics area. Various studies concluded that the bioactive content can work as antioxidants, antimicrobials, anti-inflammatory, and even anti-cancer. However, the noni fruit is easy to get rotten, has an unpleasant odour, and a bitter taste, so it needs to be processed, so that the bioactive ingredients acceptable to consumers and can be used for a longer period. Extraction of bioactive ingredients and microencapsulation may be an option, so that the desired product properties will be obtained. Extraction of noni fruit using a microwave (microwave-assisted extraction (MAE)) is an option because this process can shorten the extraction time and increase the extraction yield and product quality, due to the material can be heat quickly. Complex coacervation will be chosen as the microencapsulation method because of its high encapsulation efficiency (up to 99%), relatively low cost, the ability to use food grade microcapsule wall, and the synthesis can be carried out at ambient temperature. The microcapsules were dried using the spray drying technique to generate a dry powder. This technique is appropriate for encapsulating compounds that are sensitive to heat.*

The objective of the research is to study the microencapsulation process of noni fruit extract (obtained through MAE) through complex coacervation method, using gelatine and gum arabic as a shell material. The specific objectives are to study the comparison of the types of solvents in the extraction, the effect of addition of crosslinking agent in the conservation process, the activity of bioactive ingredients in microcapsules during storage, and the kinetics of DPPH radical inhibition by microcapsules.

The research activities covers extracting noni fruit using the MAE method with variations in solvent and fruit ratio, mixing time, combination of solvent, and irradiation time; MAE yield through Total Phenolic Content; microencapsulation of the extracts, with variations in extract volume, pH, stirring time when pH adjustment, and the addition of crosslinking agent; characterizing the physical of microcapsules, such as morphology, yield, and moisture; evaluating the kinetics of DPPH radical inhibition by; characterizing total phenol and flavonoid content and identify the active substances from microcapsules.

The extraction conditions that provide optimal results in total phenol content (TPC) and total flavonoid content (TFC) are the ratio of noni fruit and solvent is 5 g in 10 ml; mixing time between fruit and solvent is 45 minutes; use of a solvent is 70% ethanol in water; and microwave irradiation time is 90 seconds. The extract from the evaporated solvent using a rotary evaporator exhibits a TFC value of 8.06 ± 0.022 mg QE/ml or 16.1 ± 0.044 mg QE/g of solid, along with a TPC of 10.29 ± 0.276 mg GAE/ml or 21.04 ± 0.886 mg GAE/g of solid.

The microencapsulation of noni fruit extract led to the development of five different types of microcapsules: those without emulsification (TE), those lacking tannic acid (TT), those containing 0.5% tannic acid (T0.5), those with 1% tannic acid (T1), and those with 2% tannic acid (T2). The total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC) measurements for the five microcapsules were: TE 0.03439 ± 0.001 mg GAE/ml and 0.07370 ± 0.012 mg QE/ml; TT 0.03058 ± 0.001 mg GAE/ml and $0.13875 \pm$

0.005 mg QE/ml; T0.5 0.04344 ± 0.022 mg GAE/ml and 0.05009 ± 0.001 mg QE/ml; T1 T1 0.12604 ± 0.053 mg GAE/ml and 0.07547 ± 0.

The microcapsules were kept for nine weeks, during which a decline in TPC, TFC, and the ability to inhibit DPPH free radicals was observed. The TE microcapsules (k: 0.021/week) demonstrated superior structural integrity in safeguarding the TPC of noni extract throughout the storage duration in comparison to TT microcapsules (k: 0.043/week). Both TT microcapsule (k: 0.038/week) and TE microcapsule (k: 0.034/week) were equally effective in preserving the TFC of noni extract. The process of microencapsulation via emulsification, along with the incorporation of tannic acid as a cross-linker (in microcapsules TT, T0.5, T1, and T2), indicated that increasing the amount of tannic acid enhanced the microcapsules' ability to protect the TFC of noni extract and to prevent the degradation of flavonoids within the microcapsules over time. The TT microcapsule (k: 0.065/week) exhibited a more stable capacity to inhibit DPPH radicals during storage when compared to the TE microcapsule (k: 0.114/week). The hierarchy of microcapsule stability in DPPH radical inhibition is as follows: T2 (k: 0.026/week), T1 (k: 0.03/week), T0.5 (k: 0.04/week), and TT (k: 0.065/week), leading to the conclusion that a higher addition of tannic acid as a cross-linking agent results in more effective DPPH radical inhibition by the microcapsules.

Further research needs to be carried out to study freeze drying for drying microcapsules and the use of dried noni fruit as raw material for extraction.

Keywords: cross-link, DPPH, MAE, noni, tannic acid, TFC, TPC