

## ABSTRAK

Modifikasi pati sagu secara fisik melalui pregelatinisasi diikuti pembentukan kompleks pati-lipid (KPL) dapat menghadirkan struktur heliks dengan rongga hidrofobik yang terbentuk akibat interaksi molekul amilosa dan asam lemak. Keberadaan rongga hidrofobik ini memungkinkan KPL dapat dimanfaatkan sebagai penstabil emulsi, sekaligus sebagai pembawa senyawa bioaktif larut lemak seperti  $\beta$ -karoten. KPL dapat diaplikasikan sebagai bahan penstabil emulsi alami yang menawarkan alternatif yang lebih sehat dan ramah lingkungan dibandingkan surfaktan sintesis, serta dapat berperan sebagai sistem penghantaran senyawa fungsional, serta mendukung inovasi pangan sehat dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk : (1) menentukan pengaruh suhu pregelatinisasi terhadap karakteristik pati sagu pregelatinisasi yang dihasilkan, serta kemampuannya membentuk KPL yang menghasilkan indeks pembentukan kompleks pati-lipid tinggi; (2) menentukan kondisi proses ultrasonik yang optimal berdasarkan konsentrasi asam lemak, amplitudo dan waktu ultrasonikasi terhadap pembentukan KPL dari pati sagu pregelatinisasi serta mekanisme pembentukan KPL; (3) mengevaluasi pengaruh panjang rantai asam lemak terhadap pembentukan KPL dari pati sagu pregelatinisasi serta karakteristik emulsi pembawa  $\beta$ -karoten yang dihasilkan; (4) mengevaluasi pengaruh KPL dari pati sagu sebagai penstabil emulsi pembawa  $\beta$ -karoten selama pemanasan pada suhu 30-80 °C dan penyimpanan pada suhu 4, 25, dan 40 °C selama 28 hari.

Penelitian ini terdiri dari 4 tahap, yaitu tahap (1) penentuan suhu pregelatinisasi terbaik untuk pembentukan kompleks pati-lipid. Perlakuan yang digunakan adalah variasi suhu 55, 60, 65, 70, 75 dan 80 °C; dengan parameter utama yang diamati berupa sifat pembentukan pasta, derajat gelatinisasi dan indeks pembentukan KPL. Tahap (2) optimasi konsentrasi asam lemak, amplitudo dan waktu proses ultrasonikasi untuk pembentukan kompleks pati-lipid. Faktor yang dioptimasi dengan metode respon permukaan (RSM) adalah konsentrasi asam lemak, amplitudo ultrasonik serta lama waktu ultrasonikasi; dengan respon yang diamati adalah indeks pembentukan KPL dan kapasitas emulsi. Tahap (3) pengaruh panjang rantai asam lemak terhadap kompleks pati-lipid dan emulsi pembawa  $\beta$ -karoten yang dihasilkan. Perlakuan yang digunakan adalah jenis asam lemak jenuh, yaitu asam kaprilat (C8:0), asam kaprat (C10:0), asam laurat (C12:0), asam miristat (C14:0) dan asam palmitat (C16:0); dengan parameter utama yang diamati adalah indeks pembentukan KPL, kapasitas emulsi, dan efisiensi pemerangkapan  $\beta$ -karoten. Tahap (4) pengaruh pemanasan dan suhu penyimpanan terhadap stabilitas emulsi pembawa  $\beta$ -karoten. Perlakuan yang digunakan adalah suhu pemanasan 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 °C, serta penyimpanan emulsi selama 28 hari pada suhu penyimpanan 4, 25, dan 40 °C; parameter yang diamati adalah stabilitas emulsi dan stabilitas  $\beta$ -karoten.

Suhu pregelatinisasi ideal dari pati sagu untuk pembentukan kompleks pati-lipid diperoleh pada 65 °C, kompleks pati-lipid tertinggi dibandingkan suhu pregelatinisasi lainnya, yaitu sebesar 64,18%. Kondisi optimum untuk pembentukan KPL menggunakan metode ultrasonikasi diperoleh pada konsentrasi

asam lemak 19,04% dengan amplitudo ultrasonik 468,76 W/cm<sup>2</sup> selama 19 menit, 48 detik. Kondisi optimum ini menghasilkan indeks pembentukan KPL sebesar 78,97% dengan kapasitas emulsi 37,96%. KPL yang dihasilkan dari pati sagu pregelatinisasi dengan asam laurat (KPL-C12) memiliki indeks pembentukan kompleks sebesar 80,57%, entalpi 10.940 J/g, kapasitas emulsi 37,09%, serta kemampuan memerangkap  $\beta$ -karoten sebesar 74,8%. Penggunaan KPL-C12 lebih efektif untuk mengurangi laju kerusakan emulsi dan degradasi  $\beta$ -karoten dibandingkan p-OSA komersial dan pati sagu pregelatinisasi (PSP-65). Selama penyimpanan 28 hari, penggunaan KPL-C12 dapat mempertahankan stabilitas emulsi serta lebih efektif mempertahankan senyawa  $\beta$ -karoten dibandingkan p-OSA komersial dan PSP-65 pada suhu penyimpanan 4 dan 40 °C. Hasil penelitian ini dapat menawarkan peluang pengembangan penstabil emulsi alami yang dapat diaplikasikan untuk produk pangan fungsional yang mengandung  $\beta$ -karoten, seperti mayones, saus, minuman emulsi, atau dressing salad, tanpa mengurangi aktivitas biologis senyawa aktifnya.

**Kata kunci** : pati sagu, pregelatinisasi, asam lemak, kompleks pati-lipid, emulsi

## ABSTRACT

Physical modification of sago starch through pregelatinization, followed by the formation of starch-lipid complexes (KPL), can produce a helical structure with hydrophobic cavities formed as a result of interactions between amylose molecules and fatty acids. The presence of these hydrophobic cavities enables the KPL to be utilized as both an emulsion stabilizer and a carrier for fat-soluble bioactive compounds, such as  $\beta$ -carotene. KPL can be applied as a natural emulsion stabilizer, offering a healthier and more environmentally friendly alternative to synthetic surfactants. Additionally, it serves as a delivery system for functional compounds, supporting innovations in healthy and sustainable food. This study aims to: (1) determine the effect of pregelatinization temperature on the characteristics of the resulting pregelatinized sago starch and its ability to form KPL with a high starch-lipid complex formation index; (2) to determine the optimal ultrasonic processing conditions based on fatty acid concentration, amplitude, and ultrasonication time for the formation of KPL from pregelatinized sago starch, as well as the mechanism of KPL formation; (3) to evaluate the effect of fatty acid chain length on the formation of KPL from pregelatinized sago starch and the characteristics of the  $\beta$ -carotene-carrying emulsion produced; (4) Evaluating the effect of KPL from sago starch as an emulsion stabilizer for  $\beta$ -carotene carriers during heating at 30–80°C and storage at 4, 25, and 40°C for 28 days.

This study consisted of four stages, namely stage (1) determining the best pregelatinization temperature for the formation of starch-lipid complexes. The treatment factors used were temperatures of 55, 60, 65, 70, 75, and 80 °C, with the main parameters observed being paste formation properties, degree of gelatinization, and KPL formation index. Stage (2) optimization of fatty acid concentration, amplitude, and ultrasonication time for the formation of starch-lipid complexes. The treatment factors optimized using the response surface method (RSM) were fatty acid concentration, ultrasonic amplitude, and ultrasonication time. The parameters observed as responses to the optimized factors were the KPL formation index and emulsion capacity. Stage (3): the effect of fatty acid chain length on the starch-lipid complex and the resulting  $\beta$ -carotene carrier emulsion. The treatment factors used were saturated fatty acids with different chain lengths, namely caprylic acid (C8:0), capric acid (C10:0), lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0), and palmitic acid (C16:0); with the main parameters observed as treatment responses being the KPL formation index, emulsion capacity, and  $\beta$ -carotene encapsulation efficiency. Stage (4): The effect of heating and storage temperature on the stability of  $\beta$ -carotene carrier emulsions. The treatment factors used were heating the emulsion at temperatures of 30, 40, 50, 60, 70, and 80 °C, and storing the emulsion for 28 days at storage temperatures of 4, 25, and 40 °C; the response parameters observed were emulsion stability and  $\beta$ -carotene stability.

The ideal pregelatinization temperature for sago starch to form starch-lipid complexes was determined to be 65 °C, yielding the highest starch-lipid complex formation compared to other pregelatinization temperatures, at 64.18%. The optimal conditions for KPL formation using the ultrasonication method were

obtained at a fatty acid concentration of 19.04% with an ultrasonic amplitude of 468.76 W/cm<sup>2</sup> for 19 minutes and 48 seconds. These optimal conditions yielded a KPL formation index of 78.97% and an emulsion capacity of 37.96%. KPL produced from pregelatinized sago starch with lauric acid (KPL-C12) had a complex formation index of 80.57%, enthalpy of 10,940 J/g, emulsion capacity of 37.09%, and  $\beta$ -carotene trapping ability of 74.8%. The use of KPL-C12 is more effective in reducing emulsion degradation rate and  $\beta$ -carotene degradation compared to commercial p-OSA and pregelatinized sago starch (PSP-65). During 28 days of storage, the use of KPL-C12 can maintain emulsion stability and is more effective in preserving  $\beta$ -carotene compounds compared to commercial p-OSA and PSP-65 at storage temperatures of 4 and 40°C. The results of this study offer opportunities for the development of natural emulsion stabilizers that can be applied to functional food products containing  $\beta$ -carotene, such as mayonnaise, sauces, emulsion beverages, or salad dressings, without reducing the biological activity of the active compounds.

**Keywords** : sago starch, pregelatinization, fatty acids, starch-lipid complex, emulsion