

ABSTRACT

Oil-in-water Pickering emulsions stabilized by nanofibrillated cellulose (NFC) were used to encapsulate and deliver vitamin D₃. NFC was extracted from a waste product of the food industry, mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) rind, using dissolution in a hot sodium hydroxide solution, bleaching using hydrogen peroxide, and shearing using a high-pressure homogenizer. This yielded cellulose fibers with a diameter of around 60 nm and a length of several micrometers. Emulsions containing 10% w/w oil (0.01% w/w vitamin D₃ and 9.99% w/w soybean oil), 0.10 - 0.70 % w/w NFC as emulsifier, and phosphate buffer (pH 7) were prepared. For initial emulsions, oil droplet diameter (d_{32}) of the emulsions stabilized by NFC and encapsulation efficiency of vitamin D₃ increased with increasing NFC concentration. NFC provided long-term storage stability against coalescence by stabilizing the oil droplets through steric barrier and electrostatic repulsions. The effect of NFC on lipid digestion and vitamin bioaccessibility was investigated using a simulated gastrointestinal tract (GIT) model, which included mouth, stomach and small intestine phases. The rate and extent of lipid digestion, as well as the vitamin bioaccessibility, decreased with increasing NFC concentration. Numerous physicochemical phenomena may account for this effect, including the ability of NFC: to act as a physical barrier at the lipid droplet surfaces; to promote droplet flocculation in the gastric phase; and, to increase the viscosity of the aqueous phase. The slight decrease in vitamin D₃ bioaccessibility at higher NFC levels was probably due to the lower level of lipid digestion. Our results indicate that mangosteen fiber can be used to stabilize oil-in-water emulsions, and only has a minor effect on lipid digestion and vitamin bioaccessibility when used at relatively low levels. This information may be useful for the rational design of functional foods from natural waste-products, such as mangosteen rind.

Keywords: Pickering emulsions; Vitamin D₃; Nanofibrillated cellulose; *in vitro* fat digestion; Mangosteen, Emulsion stability

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ศึกษาถึงการใช้อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่ทำให้คงตัวโดยเซลลูโลสนาโนไฟบริลเพื่อห่อหุ้มและเป็นระบบขนส่งวิตามินดีสาม ซึ่งเซลลูโลสนาโนไฟบริลที่ใช้นั้นถูกเตรียมมาจากเปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana* L.) โดยการใช้การสกัดด้วยสารละลายไฮดรอกไซด์ ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ และตัดเฉือน (shearing) ด้วยโฮโมจิไนเซอร์แรงดันสูง ซึ่งขนาดอนุภาคของเซลลูโลสนาโนไฟบริลที่ได้นั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 60 นาโนเมตรและความยาวในระดับไมโครเมตร ในการทดสอบอิมัลชันที่เตรียมขึ้นประกอบไปด้วย น้ำมันร้อยละ 10 (วิตามินดีสามร้อยละ 0.01 และน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 9.99) มีเซลลูโลสนาโนไฟบริลร้อยละ 0.10-0.70 โดยน้ำหนัก ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 7 ผลการทดสอบพบว่า ขนาดอนุภาค (d32) ของอิมัลชันที่ถูกเตรียมขึ้นใหม่ และค่าความสามารถในการห่อหุ้มวิตามินดีสามนั้นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของเซลลูโลสนาโนไฟบริลเพิ่มขึ้น เซลลูโลสนาโนไฟบริลมีความสามารถในการยืดอายุหรือทำให้ระบบอิมัลชันคงตัวต่อการเกิดการรวมตัวกันของเม็ดไขมัน (coalescence) ด้วยกลไก steric barrier และแรงผลักทางไฟฟ้าสถิต (electrostatic repulsion) ส่วนผลของเซลลูโลสนาโนไฟบริลต่อการย่อยของไขมันและชีวปริมาณออกฤทธิ์ของวิตามินดีสามนั้น ได้ทำการทดสอบด้วยการจำลองสถานะเลียนแบบระบบการย่อยอาหารในร่างกายมนุษย์ (Simulated gastrointestinal tract ,GIT) ซึ่งประกอบไปด้วย ปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก ผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณเซลลูโลสนาโนไฟบริลในระบบเพิ่มขึ้น อัตราและปริมาณการย่อยของไขมัน รวมทั้งชีวปริมาณออกฤทธิ์ของวิตามินดีสามนั้นลดลง ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ สามารถอธิบายได้หลากหลายเหตุผล คือ (1) เซลลูโลสนาโนไฟบริลมีความสามารถในการเป็นผนังกั้น (physical barrier) ที่เม็ดไขมัน (2) เซลลูโลสนาโนไฟบริลทำให้เกิดการเกาะติดกันของเม็ดไขมัน (flocculation) ในกระเพาะอาหาร (3) เซลลูโลสนาโนไฟบริลส่งผลให้ความหนืดของระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งเหตุผลทั้ง 3 ประการนี้ ส่งผลให้เอนไซม์ไลเปสที่ใช้ในการย่อยไขมันและเกลือน้ำดี เข้าทำงานได้ยากขึ้น ส่วนสาเหตุของชีวปริมาณออกฤทธิ์ของวิตามินดีสามที่ลดลงนั้น เกิดจากการที่ไขมันถูกย่อยได้น้อยลงนั่นเอง จากการทดลองทั้งหมด จะเห็นได้ ใยอาหารสกัดจากเปลือกมังคุด กล่าวคือ เซลลูโลสนาโนไฟบริล มีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดความคงตัวของระบบอิมัลชัน และมีผลต่อการย่อยของไขมันและชีวปริมาณออกฤทธิ์ของวิตามินดีสาม ก็ต่อเมื่อใช้ในปริมาณต่ำ ๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบการขนส่งหรือห่อหุ้มสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ในการพัฒนาอาหารฟังก์ชัน โดยเลือกใช้สารสกัดจากของเหลือใช้จากธรรมชาติ เช่น เปลือกมังคุด เป็นต้น

คำสำคัญ: อิมัลชันชนิด Pickering; วิตามินดี 3; เซลลูโลสนาโนไฟบริล; การย่อยของไขมัน; มังคุด; ความคงตัวของระบบอิมัลชัน