

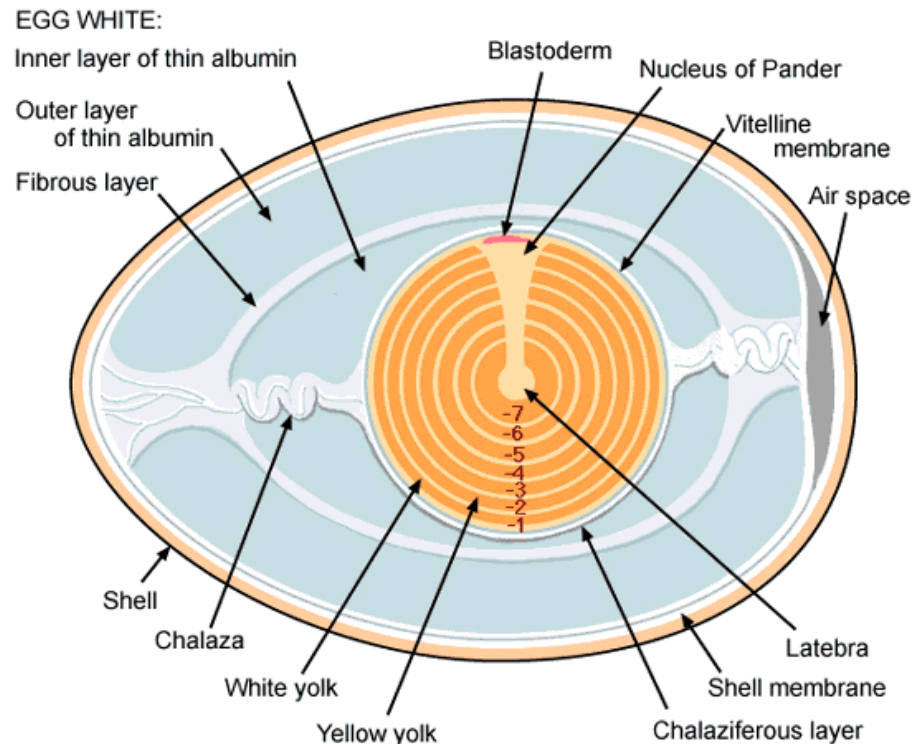


รูปที่ 4.2 ไข่ผงที่ละลายน้ำแล้ว การเตรียมค่อนข้างมีฟองมาก



รูปที่ 4.3 ไข่ผงที่ละลายน้ำแล้วสามารถนำมาทำให้สุกจับตัวเป็นก้อนได้

จากการทดสอบเบื้องต้นสามารถนำมาละลายน้ำและทำให้สุกได้เช่นเดียวกับไข่ขาวสด แต่การเตรียมการค่อนข้างยุ่งยากและฟองมาก เนื่องจากไข่ขาวผงประกอบไปด้วยทุกๆ ส่วนของไข่ขาวบดรวมกัน ซึ่งไข่ขาวทั้งหมดแท้จริงแล้วไม่ได้ประกอบไปด้วยเจลเหลวเพียงอย่างเดียว



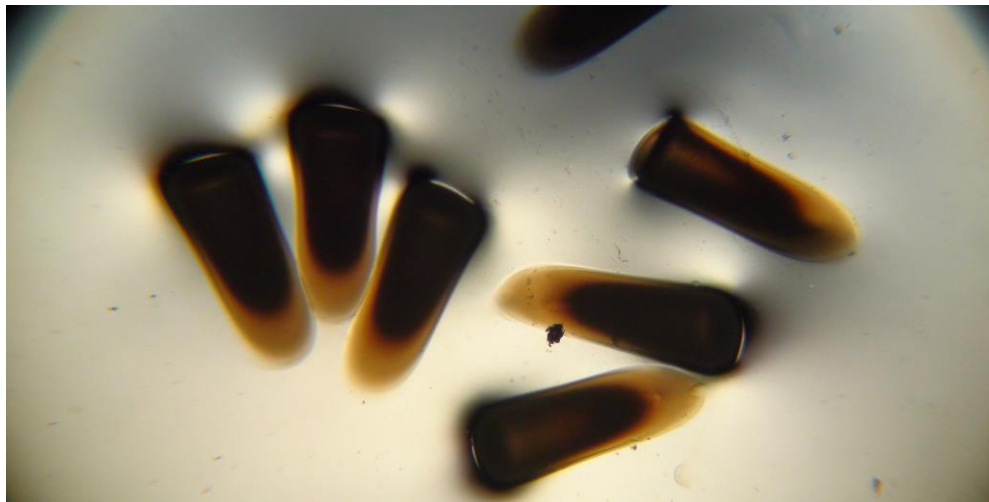
รูปที่ 4.4 องค์ประกอบไข่ไก่

ไข่ขาวที่สังเกตเห็นว่าเป็นเนื้อเดียวกันจริงแล้วประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลายชนิดที่เป็นเชื้อสำหรับยีสต์อ่อนและองค์ประกอบต่างๆ อีกมากมายที่ใช้ในการลำเลียงสารอาหาร การนำไข่ขาวผงทางอุตสาหกรรมมาใช้งานจึงมีความยากลำบากในการแยกองค์ประกอบต่างๆ ที่ไม่ต้องการออก และเกิดเป็นฟองอากาศมากมาย ที่รบกวนการทดลอง อีกทั้งเมื่อพยายามกำจัดฟองแล้วนำไปยังแสงเลเซอร์ ก็ยังปรากฏพบฟองอากาศขนาดจุลภาคในกล้องจุลทรรศน์จำนวนมาก ยากที่จะควบคุมให้มีปริมาณคงที่ได้ เนื่องจากไข่ขาวสามารถเตรียมให้ใสจนถึงดีเป็นฟองครีมได้ การกรองนำส่วนไข่ไก่เหลวออกจากไข่สดโดยไม่ผ่านขบวนการจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการทดลองนี้

ในการทดลองที่ 3.4 การทดลองหาอุณหภูมิในการเปลี่ยนสภาพโปรตีนของไข่ขาว พบว่าปริมาณองค์ประกอบของน้ำ ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสภาพโปรตีน แต่ส่งผลต่อความโปร่งใสของเจลแข็ง ถึงแม้ความโปร่งใสของเจลแข็งจะไม่อยู่ในประเด็นของงานวิจัยฉบับนี้โดยตรง แต่ก็ยังเป็นประเด็นสำคัญหนึ่งที่จะนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคต

เนื่องจากไข่ขาวใสเป็นโปรตีนที่อยู่ในสภาวะละลายน้ำเป็นเจลเหลว แต่เมื่อผ่านขบวนการด้านความร้อน จะเปลี่ยนเป็นเจลแข็ง ขาว กึ่งโปร่งแสง ไม่โปร่งใส ทำให้สังเกตเห็นได้ในกล้องจุลทรรศน์ได้รวดเร็ว ไม่ต้องผ่านการย้อมใดๆ มีข้อได้เปรียบคือ ผู้วิจัยและนักศึกษาสามารถนำไปทดลองใช้งานได้

ทันทีในระบบการเรียนการสอนในวิทยาลัยแพทย์ แต่จากการทดลอง3.4 เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าไม่ได้ ใช้เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ใดๆ พบว่าเมื่อปริมาณองค์ประกอบของน้ำต่ำ ไข่ขาวที่ผ่านความร้อนแล้ว กลับมีความโปร่งใสมากกว่าไข่ขาวที่องค์ประกอบของน้ำสูง ผู้วิจัยจึงมีข้อสมมุติฐานว่า ไข่ขาวที่สุกแล้ว ไม่ละลายน้ำ จึงมีองค์ประกอบที่ไม่เป็นเนื้อเดียวในก้อนที่ผสมกันอยู่ ทำให้เกิดการกระเจิงของแสงมองเห็นเป็นสีขาว แต่เมื่อองค์ประกอบของน้ำตั้งต้นมีน้อยกว่าปกติ ทำให้องค์ประกอบมีความบริสุทธิ์มากขึ้นทำให้ดูใสขึ้น และอาจจะทำให้มีผลต่อการทดลองวิจัยในอนาคต เนื่องจากมองผ่านทางกล้องจุลทรรศน์ แล้วเกิดความเข้าใจผิดหรือวัดขนาดผิดไป



รูปที่ 4.5 แท่งไข่ขาวที่เกิดจากการยิงด้วยแสงเลเซอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 4.6 แท่งไข่ขาวที่เกิดจากการยิงด้วยแสงเลเซอร์ถูกปล่อยไว้จนแห้ง

ในการสังเกตเพิ่มเติม ผู้วิจัยได้ปล่อยไข่ขาวไว้บนสไลด์กล้องจุลทรรศน์จนแห้ง เพื่อตรวจสอบว่าขนาดแท่งไข่ขาวจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือไม่ เพราะจะทำให้การวัดผลคลาดเคลื่อนจากเวลาในการตรวจสอบ จากรูปที่ 4.5 เป็นรูปเปรียบเทียบหลังจากปล่อยให้แห้ง พบว่าขนาดแท่งไข่ขาวที่สุกลดขนาดความยาวลง และโป่งใสมากขึ้น



รูปที่ 4.7 ความโป่งใสของไข่ขาวที่เตรียมด้วยวิธีการเตรียมอาหารพื้นบ้าน

จากประเด็นความโป่งใสนี้เองทำให้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะด้านความขึ้นตั้งต้นที่ใช้ในทดลอง รวมถึงผู้วิจัยต่อยอดในอนาคตที่อาจเติมสารเพิ่มคุณสมบัติบางอย่างลงในวัตถุดิบที่ใช้ทดสอบ เป็นที่แน่นอนว่าอาจส่งผลต่อคุณสมบัติการกระเจิงของแสง สี และขนาด เช่นในไข่เยี่ยวม้า ไข่ขาวจะมีลักษณะเป็นเจลแข็งสีเข้มจากสภาพความเป็นกรดค้างที่เปลี่ยนไป จึงมีความเห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการเตรียมเจลที่มีลักษณะแข็ง ซึ่งทำให้สามารถนำมาทดสอบการยิงเพื่อการตรวจสอบร่องรอยแสงเลเซอร์แบบพื้นที่กว้าง และสามารถเชื่อมด้วยอุปกรณ์ผ่าตัดง่ายๆ เหมือนผิวหนังมนุษย์ในการวิจัยที่ก้าวหน้าขึ้นในอนาคต



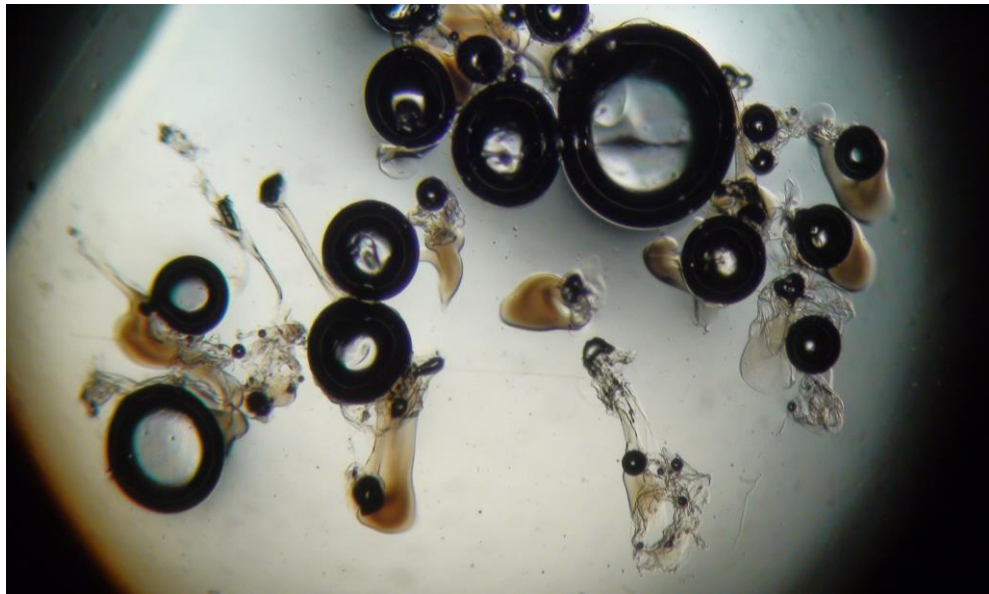
รูปที่ 4.8 Albumin บริสุทธิ์บรรจุขวดใช้ฉีดทางด้านการแพทย์



รูปที่ 4.9 Albumin บริสุทธิ์บรรจุถุงให้ทางหลอดเลือด

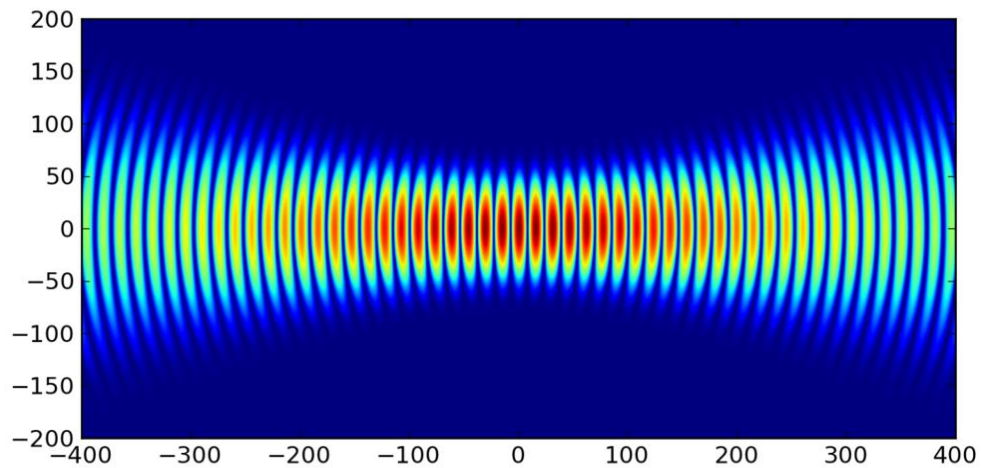
การเตรียมไขขาวในการทดลองซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งผู้วิจัยยังไม่ได้ทดลองคือ การใช้ Albumin ความบริสุทธิ์สูงที่ใช้ในการฉีดเข้าหลอดเลือดดำ ซึ่งมีทั้งแบบที่เป็นผงและของเหลว สามารถเตรียมความเข้มข้นและใส่สารแต่งเติมคุณสมบัติได้โดยง่าย อีกทั้งอยู่ในสภาพที่มีความสะอาดสูง บรรจุในขวดปิดสามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้ง่าย

ในการทดลองกับแสงเลเซอร์ที่ 3.5 การทดลองการทำลายโปรตีนไข่ขาวด้วยเลเซอร์ 1550 nm เราพบว่าที่พลังงานสูงขึ้นแท่งไข่ขาวจะมีความยาวมากขึ้นด้วย ซึ่งเป็นบทสรุปในบทที่ 4 แต่การทดลองมีข้อเพิ่มเติมและพบประเด็นสำคัญนอกเหนือจากขอบเขตการวิจัยคือ การเดือดของน้ำที่จุดโฟกัส ทำให้การเกิดแท่งไข่ขาวสุก ขาดความสมบูรณ์ เนื่องจากในช่วงเวลาที่แท่งไข่ขาวกำลังฟอร์มรูปร่าง ฟองอากาศที่เกิดจากน้ำเดือดเกิดการฟอรั่มตัวขยายขึ้น บดบังแสงเลเซอร์ไม่ให้เกิดความสมบูรณ์ในการรักษา



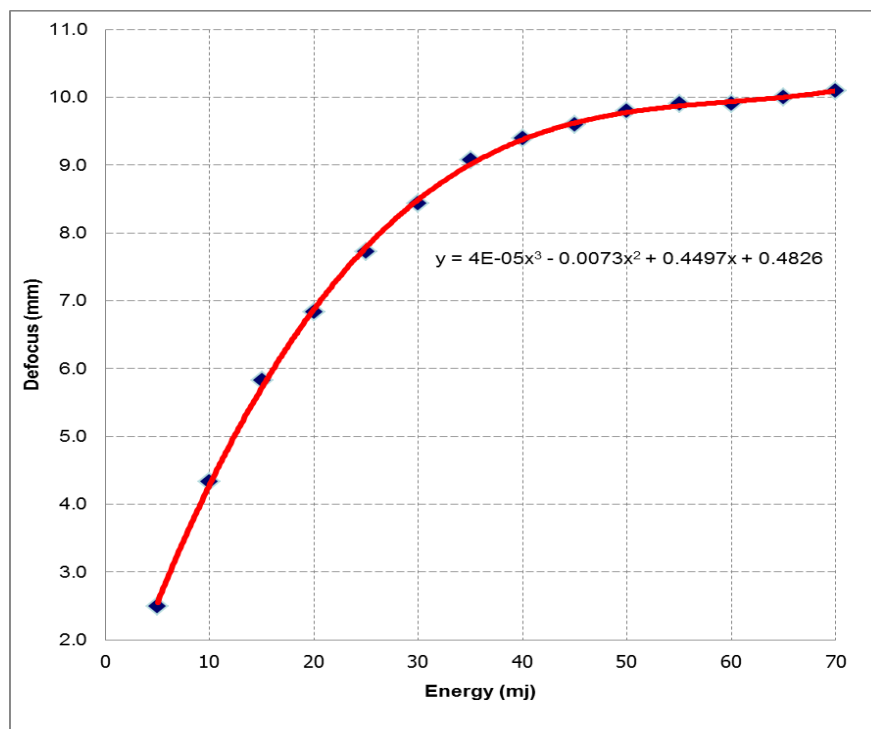
รูปที่ 4.10 ไข่ขาวเกิดการเดือดระเบิดในระดับจุลภาค

ปรากฏการณ์การเดือดของน้ำไม่ได้เป็นหัวข้อในการวิจัยแต่ก็เป็นจุดจำกัดในการวิจัยอย่างยิ่ง เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มระดับพลังงานในการยิงทดสอบให้สูงขึ้นได้ การทำความเข้าใจในการแก้ปัญหาจำเป็นต้องมีความเข้าใจในลักษณะทางกายภาพของแสงเลเซอร์เป็นพื้นฐาน เนื่องจากแสงเลเซอร์ถึงแม้ว่าจะรวมจุดได้เป็นขนาดเล็กแล้ว ยังมีความเข้มแสงในหน้าตัดลำแสงที่ไม่เท่ากันตลอดหน้าตัด โดยทั่วไปมีการกระจายตัวแบบ Gaussian distribution เป็นส่วนหนึ่งในการกระจายตัวตลอดหน้าตัดของลำแสงเลเซอร์และจุดโฟกัส ซึ่งเป็นธรรมชาติแบบหนึ่งของแสงเลเซอร์ที่ยากที่จะหลีกเลี่ยงและเข้าไปจัดการได้ โดยเฉพาะจุดโฟกัสที่มีขนาดเล็กในระดับจุลภาค หรือใกล้เคียงความยาวของคลื่นแสงเลเซอร์ที่ใช้งาน ยังมีข้อจำกัดในด้านนี้สูง



รูปที่ 4.11 รูปจำลองความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่จุดโฟกัสของแสงเลเซอร์

การแก้ปัญหาฟองอากาศที่เกิดจากการเดือดของน้ำนั้น เราสามารถแก้ด้วยการลดความหนาแน่นกำลังต่อพื้นที่ของจุดโฟกัส โดยการยิงแสงเลเซอร์ถอยห่างจากจุดโฟกัสเล็กน้อย ซึ่งระยะการถอยโฟกัสที่ระดับพลังงานต่างๆ สามารถสังเกตได้จากช่วงการยิงแสงเลเซอร์ จะต้องไม่ปรากฏเสียงระเบิดของฟองเดือดขนาดจิ๋วบนผิวไขขาว ระยะถอยห่างจากจุดโฟกัสแสดงดังรูปที่ 4.21

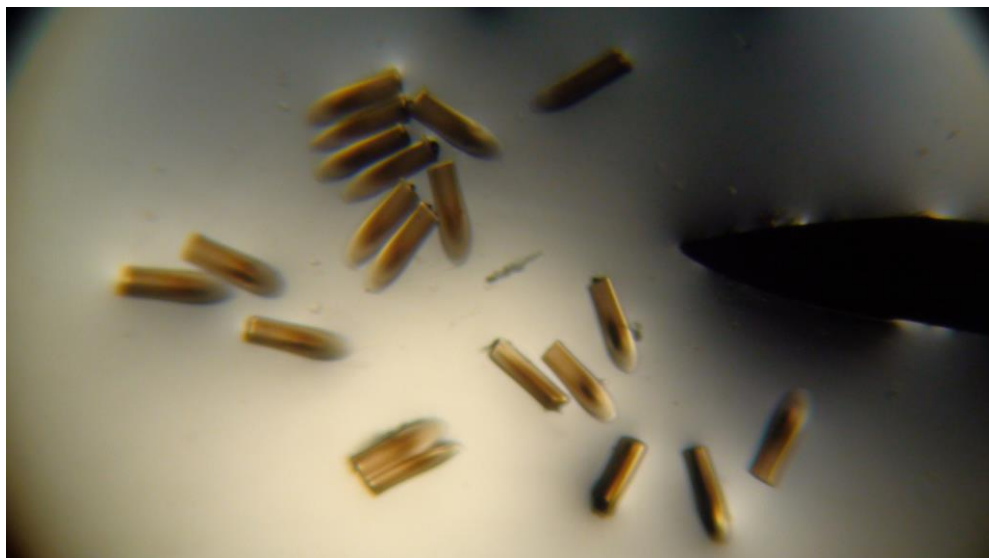


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงระยะถอยห่างจากจุดโฟกัสที่ระดับพลังงานแตกต่างกัน

ภายหลังการปรับระยะปลดโฟกัส มีข้อสงสัยที่อาจเกิดขึ้นคือ ถ้าใกล้จุดโฟกัสมากเกินไปจะทำให้เกิดมีฟองอากาศวางกั้นเลนเซอร์ ถ้าห่างจุดโฟกัสมากเกินไปจะทำให้ไข่มุกไม่มีประสิทธิภาพ ถ้าพิจารณาถึงความต้องการในการรักษาคือ เกิดประสิทธิภาพในการสร้างบาดแผลที่สมบูรณ์ที่สุดบนผิวหนัง การถอยจุดโฟกัสจึงทำการถอยในจุดที่ไม่เกิดการระเบิดของฟองอากาศพอดี จากการสังเกตพบว่า เกิดฟองอากาศขนาดจิ๋วติดกับแท่งไข่มุก ผู้ทำการวิจัยจึงตั้งเป็นสมมุติฐานว่าเป็นจุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดเพราะเกิดอุณหภูมิสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้โดยไม่เดือด

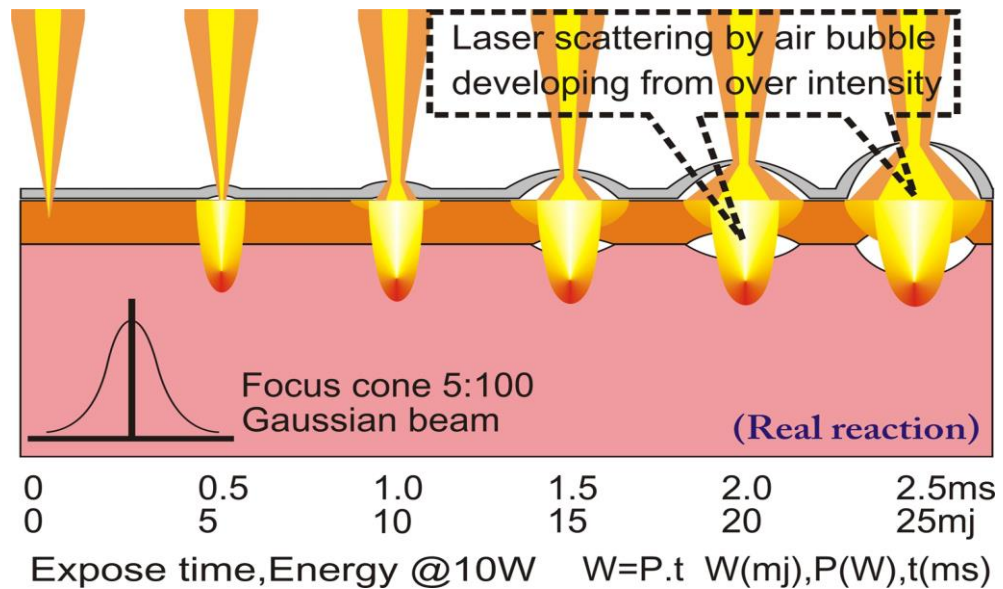


รูปที่ 4.13 ภาพขยาย100เท่า แสดงฟองอากาศขนาดเล็กบริเวณปลายด้านบนแท่งไข่มุก

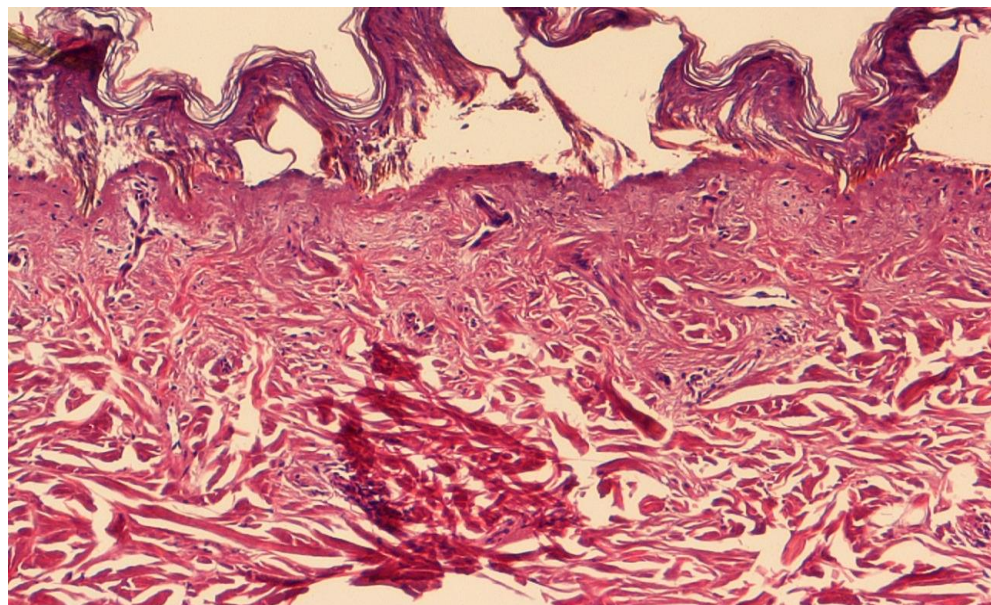


รูปที่ 4.14 ภาพขยายแสดงความประสบความสำเร็จในการเกิดแท่งไข่มุก 100% ทั้ง 20 Shots

การทดลองกับผิวหนังมนุษย์ ในการทดลองที่ 3.6 การทดลองการทำลายผิวหนังด้วยเลเซอร์ 1550 nm พบว่าความลึกของเนื้อเยื่อผิวหนังที่ถูกทำลายมีการแปรผันตามระดับพลังงานของแสงเลเซอร์ที่ทำการยิงเช่นเดียวกับการเกิดขึ้นในไขขาว และเกิดปรากฏการณ์การเดือดของผิวหนังบริเวณการทดลองเช่นกันซึ่งไม่ได้เสนอในการทดลองบทที่ 3 โดยแสดงเป็นภาพจำลองตามรูปที่ 4.15

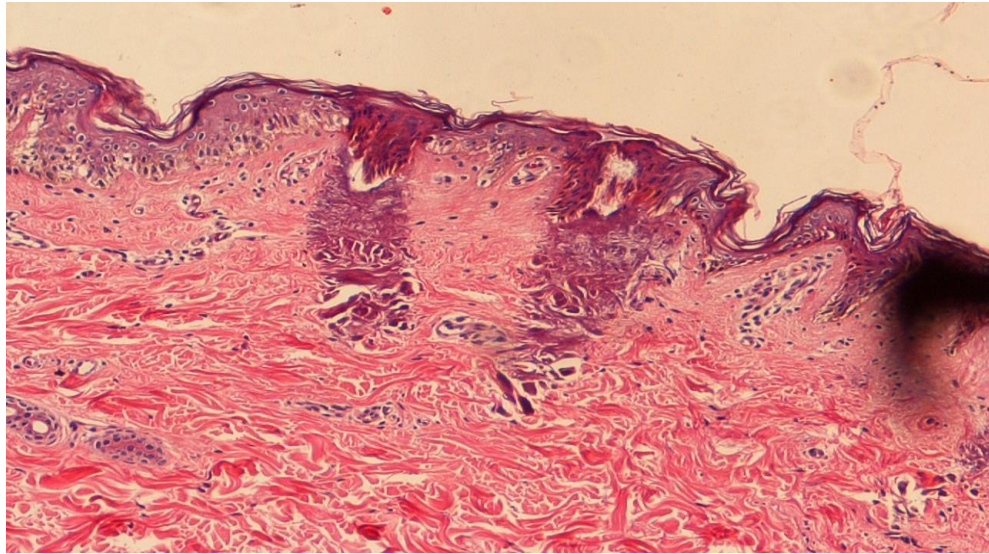


รูปที่ 4.15 ภาพจำลองการเกิดฟองอากาศบนผิวหนังจากการเดือดที่จุดยิงเลเซอร์



รูปที่ 4.16 ภาพผิวหนังชั้นบนถูกทำลายเกิดเป็นฟองอากาศบนพื้นผิว

จากการทดสอบโดยไม่มีการถอยจากระยะโฟกัสลงบนผิวหนัง จะได้ยิงเสียงระเบิดของฟองอากาศ และสามารถตรวจจากการพิสูจน์ชั้นเนื้อว่า บริเวณเนื้อเยื่อหนังกำพร้าแตกและหลุดออกอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.17 การเกิดลักษณะบาดแผลของเลเซอร์ที่สมบูรณ์จากการถอยห่างจากจุดโฟกัส

เมื่อทำการปรับปรุงความเข้มของลำแสงด้วยการถอยห่างจากจุดโฟกัสแล้ว ผลของการพิสูจน์ชั้นเนื้อแสดงให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของโครงสร้างชั้นผิวหนังครบถ้วน โดยทิ้งร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงจากความร้อนของเลเซอร์เท่านั้น

4.2 ข้อคิดเห็นปิดท้ายงานวิจัย

ผู้วิจัยเห็นว่า การทดลองศึกษาเกี่ยวกับเลเซอร์ โดยเฉพาะทางด้านชีวภาพในประเทศไทยนั้นดูแล้วค่อนข้างเป็นเรื่องที่แปลกใหม่และไม่สามารถหาคำปรึกษาได้จากในประเทศ การทดลองต้องอาศัยจินตนาการและค้นหาข้อมูลจากแหล่งความรู้ภายนอกประเทศ ซึ่งต้องอาศัยความอดทนและความสนใจในเทคโนโลยีแขนงนี้พอสมควร จากการค้นหาผลงานวิจัยกลุ่มนี้ในประเทศพบที่มีความสนใจศึกษามากพอสมควรเมื่อประมาณ 20 ปีก่อน แต่ไม่บรรลุเป้าหมายในการนำไปใช้งานจริง อีกทั้งไม่มีความต่อเนื่องในการศึกษาอันเนื่องมาจากการขาดแรงบันดาลใจ มากกว่าการขาดงบประมาณงานวิจัยทั้งที่มีนักศึกษาเรียนต่อในระดับปริญญาเอกจำนวนมากขึ้นกว่าเดิม ผู้วิจัยมีความปรารถนาว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นตัวอย่างในความสำเร็จในการวิจัยเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างจริงจังในวงกว้าง และใคร่ขอเชิญชวนนักวิจัยในรุ่นต่อไปให้เห็นคุณค่าสนใจนำมาพัฒนาต่อ เพื่อยกระดับงานวิจัยแขนงนี้ และความเป็นอยู่สุขภาพของประชาชนอย่างทั่วถึง เทียบทันอริยะประเทศ