

คู่มือการใช้งาน

HK-Green-15 เครื่องผลิตเม็ดไฮโดรเจล

คู่มือการใช้งาน · ไคโตซาน-ไบโอชาร์ อัตโนมัติ



เติมวัตถุดิบ กดปุ่มเดียว เครื่องผสม หยดขึ้นรูป แช่ ล้าง และเทลงถาดตากให้เอง

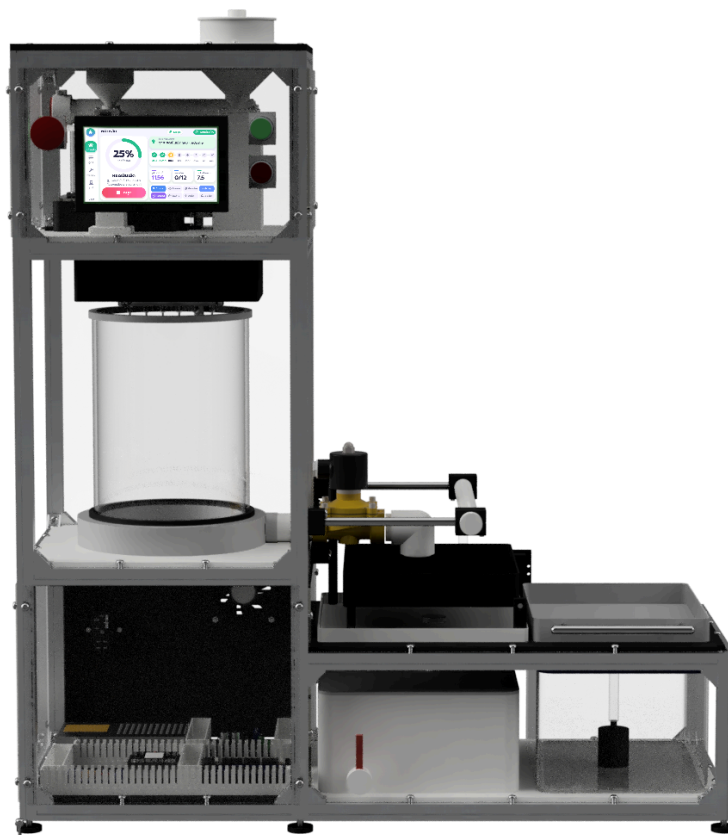
โครงการ	hk-green-15-hydrogel-mixer
ฉบับที่	1.0 (v8.9f)
วันที่	2026-10-16

สารบัญ

รู้จักเครื่อง	3
ขั้นตอนอัตโนมัติ 7 ขั้น	4
ความปลอดภัย	4
ปั๊มและน้ำจืด	5
น้ำจืดสัมผัส 7"	6
การใช้งานหนึ่งรอบ	7
การหยุดเครื่อง	12
การตั้งค่าและปรับเทียบ	12
แก้สูตร (หน้า "สูตร")	12
ปรับเทียบหัววัด pH (ทุกสัปดาห์)	13
ทดสอบอุปกรณ์ (หน้า "ทดสอบ")	14
การดูแลหลังใช้งาน	14
การแก้ไขปัญหา	14
ข้อมูลเพิ่มเติม	15

1 รู้จักเครื่อง

HK-Green-15 ผลิตเม็ดไฮโดรเจลไคโตซาน-ไบโอชาร์ตามสูตรของ تیمแบบอัตโนมัติ: ไคโตซาน 6 % ในกรดอะซิติก 1 M 500 mL ผสมไบโอชาร์ 2 % ของน้ำหนัก (กรด + ไคโตซาน) หยดผ่านเข็ม 12 หัวลงสารละลาย NaOH 2 M เพื่อให้แข็งตัว ล้างจนเป็นกลาง แล้วเทลงถาดตาก หนึ่งรอบใช้เวลาราว 9 ชั่วโมงโดยไม่ต้องเฝ้า



รูปที่ 1 เครื่อง HK-Green-15 ด้านหน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะ

รายการ	ค่า
ขนาด (กว้าง × ลึก × สูง)	≈ 85 × 38 × 99 ซม.
ไฟเข้า	220 VAC 50 Hz (ปลั๊ก IEC มีฟิวส์และสวิตช์)
ไฟภายใน	12 V (Mean Well LRS-150-12) · 5 V ลอจิก · 6 V เซอร์โว
ตัวควบคุม	Arduino Mega 2560 + บอร์ดชิลด์ · จอ ESP32-S3 7"
ปริมาณต่อรอบ	กรด 500 mL · ไคโตซาน 30 g · ไบโอชาร์ ≈ 10.6 g
ความจุถังผง	ไคโตซาน ≈ 140 g · ไบโอชาร์ ≈ 45 g (4 รอบ)
เวลาต่อรอบ	≈ 9 ชั่วโมง (ตั้งค่าได้)
ความปลอดภัย	E-stop ตัดไฟมอเตอร์ · เซนเซอร์ระดับ 3 จุด (กรด / น้ำล้าง / น้ำทิ้ง)

ขั้นตอนอัตโนมัติ 7 ขั้นตอน

ตารางที่ 2 ลำดับการทำงานในหนึ่งรอบ

#	ขั้น	เครื่องทำอะไร	เวลา (ค่าเริ่มต้น)
1	ป้อนผง	สกรู 2 ชุดป้อนไคโตซาน 30 g + ไบโอดีคาร์ 10.6 g ลงถังกรด	≈ 4 นาที
2	กวนละลาย	กวนด้วยแม่เหล็กจนเป็นเนื้อเดียว	120 นาที
3	หยดเป็นเม็ด	ปั๊มรีดท่อหยดผ่านเข็ม 12 หัวลง NaOH 2 M	40 นาที
4	แช่	แช่ให้เกิดการเชื่อมขวาง กวนเบา ๆ	360 นาที
5	ปล่อยน้ำ	เปิดวาล์ว 1" เม็ดลงตะกร้า น้ำลงถึงน้ำทิ้ง	1 นาที
6	ล้าง	สเปรย์ 20 วินาที → สะเด็ด 40 วินาที → วัด pH ซ้ำจน pH ≤ 7.5 (สูงสุด 12 รอบ)	≈ 5–12 นาที
7	เทลงถาดตาก	เซอร์โวพลิกตะกร้า แล้วกลับที่เดิม	7 วินาที

2 ความปลอดภัย

 	⚠ คำเตือน · WARNING ไฟฟ้า 220 V ภายในช่องอิเล็กทรอนิกส์ ไฟดูดถึงขั้นบาดเจ็บสาหัสหรือเสียชีวิต - ถอดปลั๊กก่อนเปิดฝาช่องอิเล็กทรอนิกส์ทุกครั้ง - ห้ามเดินเครื่องโดยเปิดฝาช่องไฟ
 	⚠ คำเตือน · WARNING โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 M กัดกร่อนผิวหนังและดวงตา ตาบอดหรือผิวไหม้ - สวมแว่นนิรภัยและถุงมือไนไตรล์ทุกครั้งที่เติม/เท NaOH - ถ้าเข้าตา ล้างด้วยน้ำสะอาดไหลผ่านอย่างน้อย 15 นาทีแล้วไปพบแพทย์
	⚠ ข้อควรระวัง · CAUTION กรดอะซิติก 1 M และน้ำทิ้งที่เป็นด่าง ระคายเคืองผิวและตา สวมถุงมือ · ทำให้น้ำทิ้งเป็นกลาง (pH 6–8) ก่อนเททิ้งทุกครั้ง
 	⚠ ข้อควรระวัง · CAUTION ชิ้นส่วนหมุนและจุดหนีบ (สกรูป้อนผง, ตะกร้าเท) นิ้วถูกหนีบ - ห้ามสอดมือเข้าใกล้ตะกร้าล้างหรือสกรูขณะเครื่องทำงาน - กด STOP หรือ E-stop ก่อนจับชิ้นส่วนภายใน

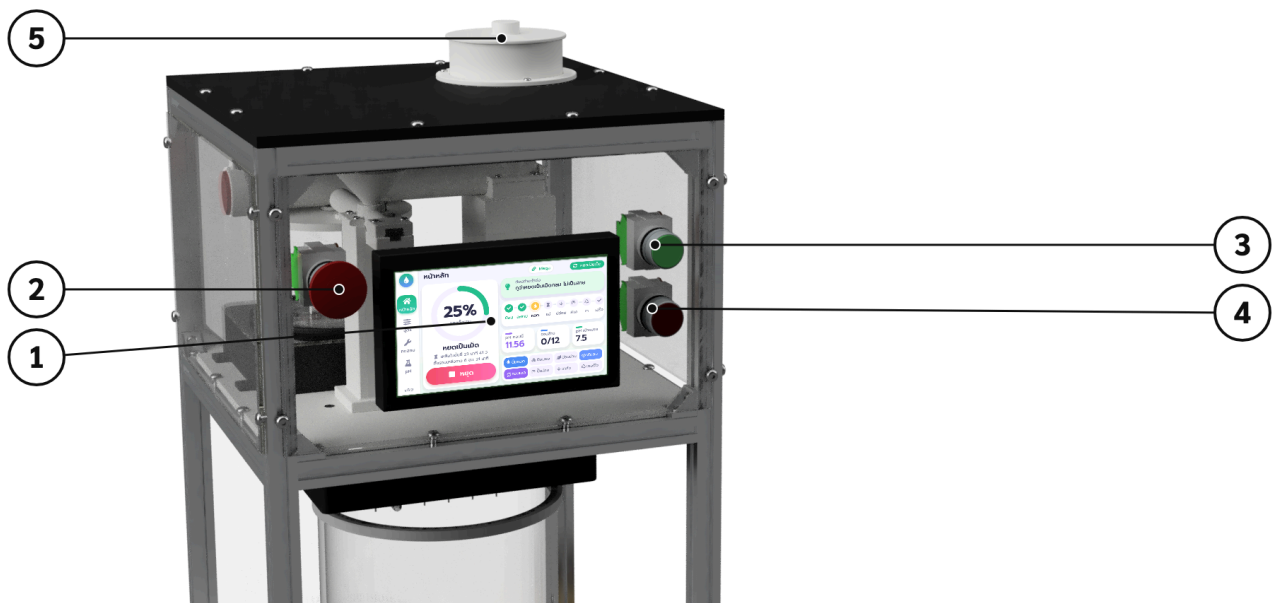
หมายเหตุสำคัญ · NOTICE

ปั๊มทำงานแห้ง

ปั๊มหยุดและปั๊มสเปร์ยเสียหาย

- เต็มของเหลวก่อนเริ่มทุกครั้ง (เซนเซอร์ช่วยกันอีกชั้น)

3 ปั๊มและหน้าจอ



รูปที่ 2 แผงควบคุมด้านหน้า

ตารางที่ 3 ปั๊มและส่วนควบคุม

#	ชื่อ	ใช้ทำอะไร
1	จอสัมผัส 7" (ESP32)	ดูสถานะ เริ่ม/หยุด แก้วสูตร ทดสอบอุปกรณ์ ปรับเทียบ pH
2	ปั๊มหยุดฉุกเฉิน (E-stop) สีแดง	กดลงเพื่อตัดไฟมอเตอร์ทุกตัวทันที · หมุนตามลูกศรเพื่อตั้งขึ้น
3	ปั๊ม START สีเขียว (มีไฟ)	เริ่มรอบผลิต · ไฟติดค้างขณะเครื่องทำงาน · ใช้รีเซ็ตหลังหยุดได้
4	ปั๊ม STOP สีแดง (มีไฟ)	หยุดรอบอย่างปลอดภัย (SAFE) · ไฟกะพริบเมื่ออยู่ในสถานะ SAFE
5	ฝาถังผงไคโตซาน (ด้านบนเครื่อง)	เปิดเติมผงไคโตซาน ≈ 140 g พอ 4 รอบ

หน้าจอสัมผัส 7"



หน้าจอหลักขณะหยุดเป็นเม็ด

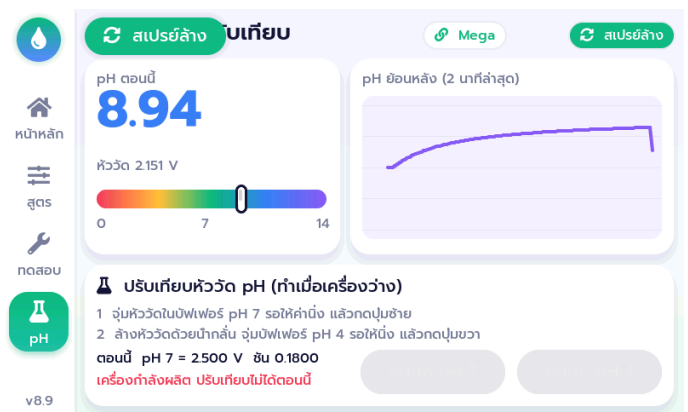


หน้าจอหลักขณะรอเริ่ม

- วงแหวน = ความคืบหน้าของทั้งรอบ ตัวเลขใต้วง = เวลาที่เหลือในขั้นนี้และทั้งรอบ
- การ์ด "ต้องทำอะไรต่อ" บอกสิ่งที่ผู้ใช้ต้องทำ (สีเหลือง = ต้องทำ, สีแดง = มีปัญหา)
- แถบขั้นตอน วงสีเหลืองแดง = ขั้นปัจจุบัน, เครื่องหมายถูกสีเขียว = ทำเสร็จแล้ว
- ช่องอุปกรณ์ ตัวที่กำลังทำงานจะมีสีและไอคอนขยับ
- ปุ่มใหญ่ เปลี่ยนเองตามสถานะ: เริ่มรอบผลิต → หยุด → รีเซ็ต

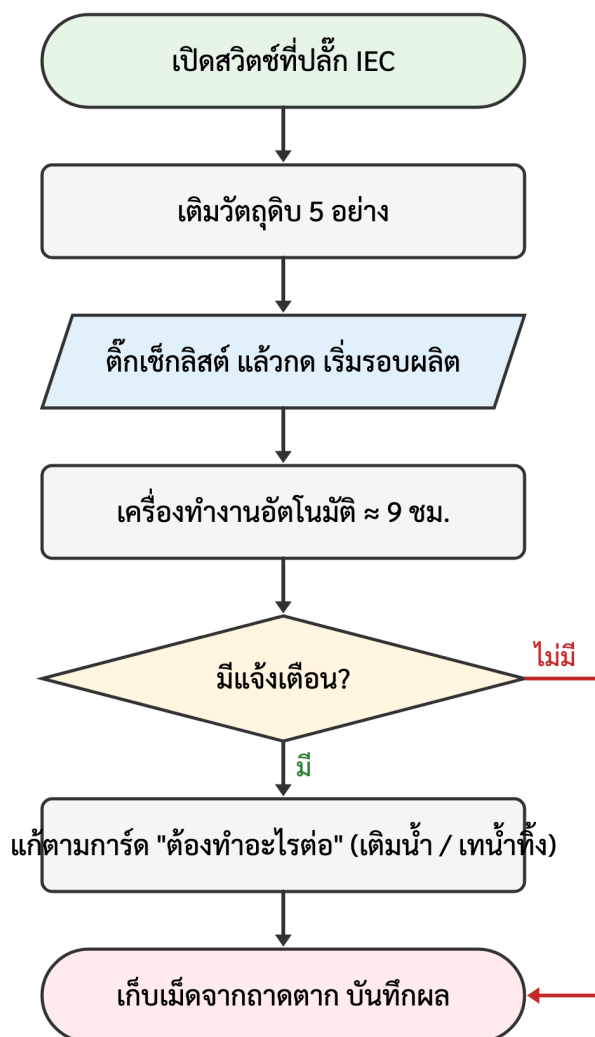


หน้าสูตร: แตะ - / + แล้วกด ส่งไปเครื่อง



หน้า pH: ค่าสด กราฟ และปรับเทียบ

4 การใช้งานหนึ่งรอบ



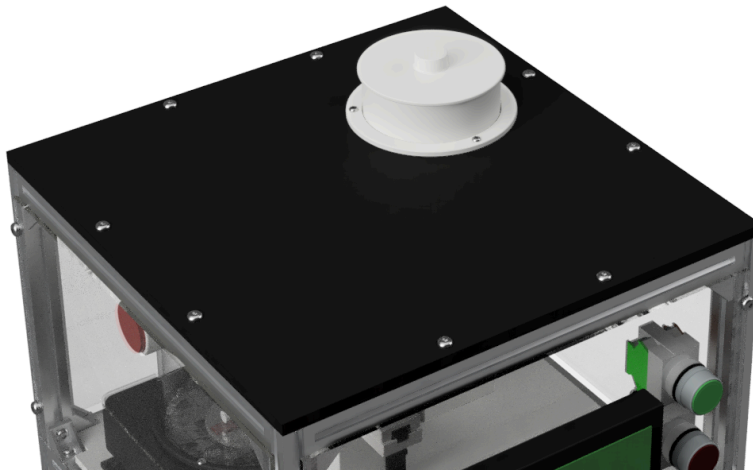
รูปที่ 3 ผังการใช้งานหนึ่งรอบ

1 เปิดเครื่อง

1. เสียบปลั๊กไฟ 220 V
2. เปิดสวิตช์ที่ช่องปลั๊ก IEC ด้านหลัง
3. ตรวจสอบว่า E-stop ไม่ได้ถูกกดค้าง (หมุนดิ่งขึ้น)

✓ **ตรวจสอบ:** จอแสดงหน้าหลัก สถานะ "พร้อมทำงาน" และป้าย "Mega" สีเขียว

2 เติมผงไคโตซานและไบโอชาร์



1. เปิดฝาด้านบนของเครื่อง เติมไคโตซาน (ไม่เกิน ≈ 140 g)
2. เติมไบโอชาร์ลงถังเล็กด้านใน (ไม่เกิน ≈ 45 g)
3. ปิดฝาทั้งสองถัง

✓ ตรวจสอบ: ฝาแน่น ไม่จับก้าน

หมายเหตุ: ผงไคโตซาน 1 ถังพอ 4 รอบ (รอบละ 30 g) · ไบโอชาร์รอบละ ≈ 10.6 g

3 เติมกรดอะซิติก 1 M



⚠ ข้อควรระวัง · CAUTION

กรดอะซิติก

- สวมถุงมือและแว่น

1. ตวงกรดอะซิติก 1 M 500 mL
2. เทลงถังผสมกรด (ถังบนซ้าย)

✓ ตรวจสอบ: ป้ายเซนเซอร์ "กรด" เป็นเครื่องหมายถูก

4 เติมน้ำ NaOH 2 M ลงถังขึ้นรูป

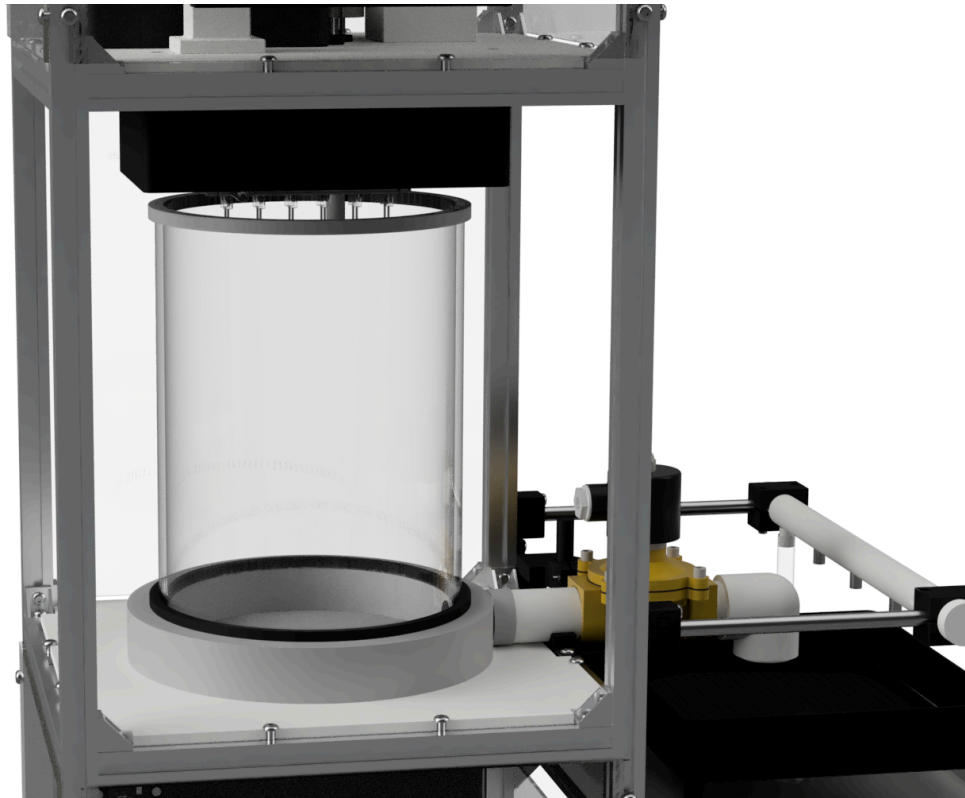


⚠ คำเตือน · WARNING

NaOH 2 M กัดกร่อนดวงตาและผิว



- สวมแว่นนิรภัยและถุงมือไนไตรล์



1. สวมแว่นนิรภัยและถุงมือ
2. เท NaOH 2 M ลงถังขึ้นรูปจนถึงขีด

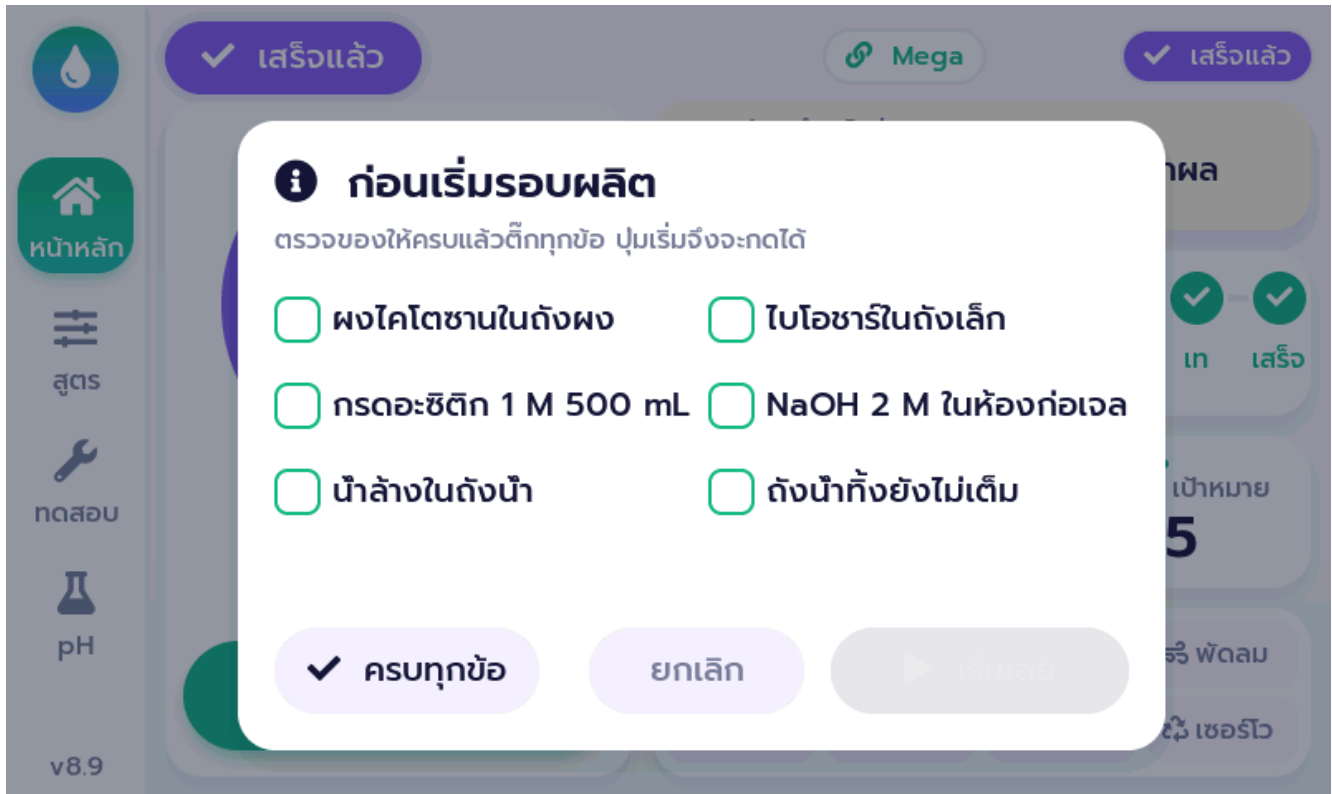
✓ ตรวจสอบ: ระดับ NaOH ท่วมแท่งกวนด้านล่าง

5 เติมน้ำล้างและตรวจถังน้ำทิ้ง

1. เติมน้ำสะอาดลงถังน้ำล้าง (ถังขวาล่าง)
2. ตรวจสอบถังน้ำทิ้ง (ถังซ้ายล่าง) ว่าว่าง

✓ ตรวจสอบ: ป้ายเซนเซอร์ "น้ำล้าง" และ "น้ำทิ้งไม่เต็ม" เป็นเครื่องหมายถูก

6 เริ่มรอบผลิต



1. กด "เริ่มรอบผลิต" บนจอ (หรือปุ่ม START สีเขียว)
2. ดึงเชือกกลีستیให้ครบ 6 ข้อ แล้วกด "เริ่มเลย"

✓ **ตรวจสอบ:** ไฟปุ่ม START ติด · แถบขั้นตอนเริ่มที่ "ป้อน"

7 รอและดูแลระหว่างรอบ

The screenshot shows the app interface for the HK-Green-15 system. On the left is a sidebar with icons for water, home, settings, test, pH, and version (v8.9). The main area is titled 'สเปรย์ล้าง' (Spray Wash) and shows a large green circle with '99%' and 'ของทั้งรอบ' (of the whole cycle). Below this, it says 'สเปรย์ล้าง' (Spray Wash) and 'เหลือในขั้นนี้ 14 วินาที' (Remaining in this step 14 seconds), with a note 'ทั้งรอบเหลือราว 4 นาที 21 วินาที' (The whole cycle remaining about 4 minutes 21 seconds). A large red button with a white square icon and the word 'หยุด' (Stop) is at the bottom. To the right, there's a 'Mega' button and another 'สเปรย์ล้าง' button. A light green box contains a lightbulb icon and the text 'ต้องทำอะไรต่อ' (What to do next) and 'กำลังล้างเม็ด รอบน pH ถึงเป้า' (Washing beads, cycle pH to target). Below this is a progress bar with icons for 'ป้อน' (Fill), 'ละลาย' (Dissolve), 'หยุด' (Stop), 'แช่' (Soak), 'ปล่อย' (Release), 'ล้าง' (Wash), 'เท' (Pour), and 'เสร็จ' (Finish). The 'ล้าง' icon is highlighted. Below the progress bar are three boxes showing 'pH ตอนนี้ 8.94', 'รอบล้าง 3/12', and 'pH เป้าหมาย 7.5'. At the bottom right are several buttons: 'ปั๊มหยุด' (Stop pump), 'ปั๊มนผง' (Powder pump), 'ปั๊มน้ำ' (Water pump), 'รีเซ็ต' (Reset), 'กวนเจล' (Gel stir), 'ปั๊มล้าง' (Wash pump), 'วาล์ว' (Valve), and 'เซอร์โว' (Servo).

1. ดูการ์ด "ต้องทำอะไรต่อ" เป็นระยะ
2. ช่วงหยุดเป็นเม็ด (นาทีที่ 125–165) ดูว่าหยุดเป็นเม็ดกลมไม่เป็นสาย

✓ ตรวจสอบ: ไม่มีการ์ดสีแดง

หมายเหตุ: ถ้าเครื่องหยุดรอ (น้ำล้างหมด / ถังน้ำทิ้งเต็ม) แก้อตามที่จบบอก เครื่องจะทำต่อเอง

8 เก็บเม็ด

1. เมื่อจอขึ้น "เสร็จแล้ว" ดึงถาดตากออกมา

2. นำเม็ดไปตากให้แห้ง แล้วบันทึกผลในเว็บ (แท็บ "ผลทดลอง")

✓ ตรวจสอบ: ตะกร้าล้างกลับมาอยู่แนวราบ ไม่มีเม็ดค้าง

การหยุดเครื่อง

- **หยุดปกติ:** กด "หยุด" บนจอหรือปุ่ม STOP สีแดง → อุปกรณ์ทุกตัวหยุด วาล์วปิด เครื่องเข้าสู่สถานะ SAFE
- **หยุดฉุกเฉิน:** กดปุ่ม E-stop → ไฟมอเตอร์ถูกตัดด้วยฮาร์ดแวร์ทันที
- **เริ่มใหม่หลังหยุด:** หมุนตั้ง E-stop ขึ้น → กด "รีเซ็ต" → ล้างถังและเทเม็ดที่ค้าง → เริ่มรอบใหม่
- **ปิดเครื่อง:** เมื่อสถานะ "พร้อม" หรือ "เสร็จแล้ว" ปิดสวิตช์ที่ปลั๊ก IEC

5 การตั้งค่าและปรับเทียบ

แก๊สสูตร (หน้า "สูตร")

แต่ + / - ที่ค่าที่ต้องการ ค่าที่ยังไม่ส่งจะเป็นสีเหลือง แล้วกด "ส่งไปเครื่อง" ค่าที่แก้ระหว่างรอบมีผลกับขั้นถัดไป

ตารางที่ 4 ค่าที่แก้ได้บนจอ

ค่า	ค่าเริ่มต้น	ความหมาย
ผงไคโตซาน	30 g	6 % w/v ของกรด 500 mL
ไบโอซาร์	2 %	ของน้ำหนักรีด + ไคโตซาน (≈ 10.6 g)

เวลาจนละลาย	120 นาที	
เวลาหยุด	40 นาที	500 mL ผ่านเข็ม 12 หัว $\approx$ 1 mL/นาที/เข็ม
เวลาแช่ NaOH	360 นาที	สูตรที่ 6 ซม.
pH เป้าหมายหลังล้าง	7.5	หยุดล้างเมื่อ $\text{pH} \leq$ ค่านี้
ล้างได้มากที่สุด	12 รอบ	
ความแรงปั๊มหยุด	140 /255	ปรับให้หยุดเป็นเม็ด

ปรับเทียบหัววัด pH (ทุกสัปดาห์)

9 จุด pH 7

1. ล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่น จุ่มในบัฟเฟอร์ pH 7 รอ 1 นาที
2. หน้า pH กด "บันทึก pH 7"

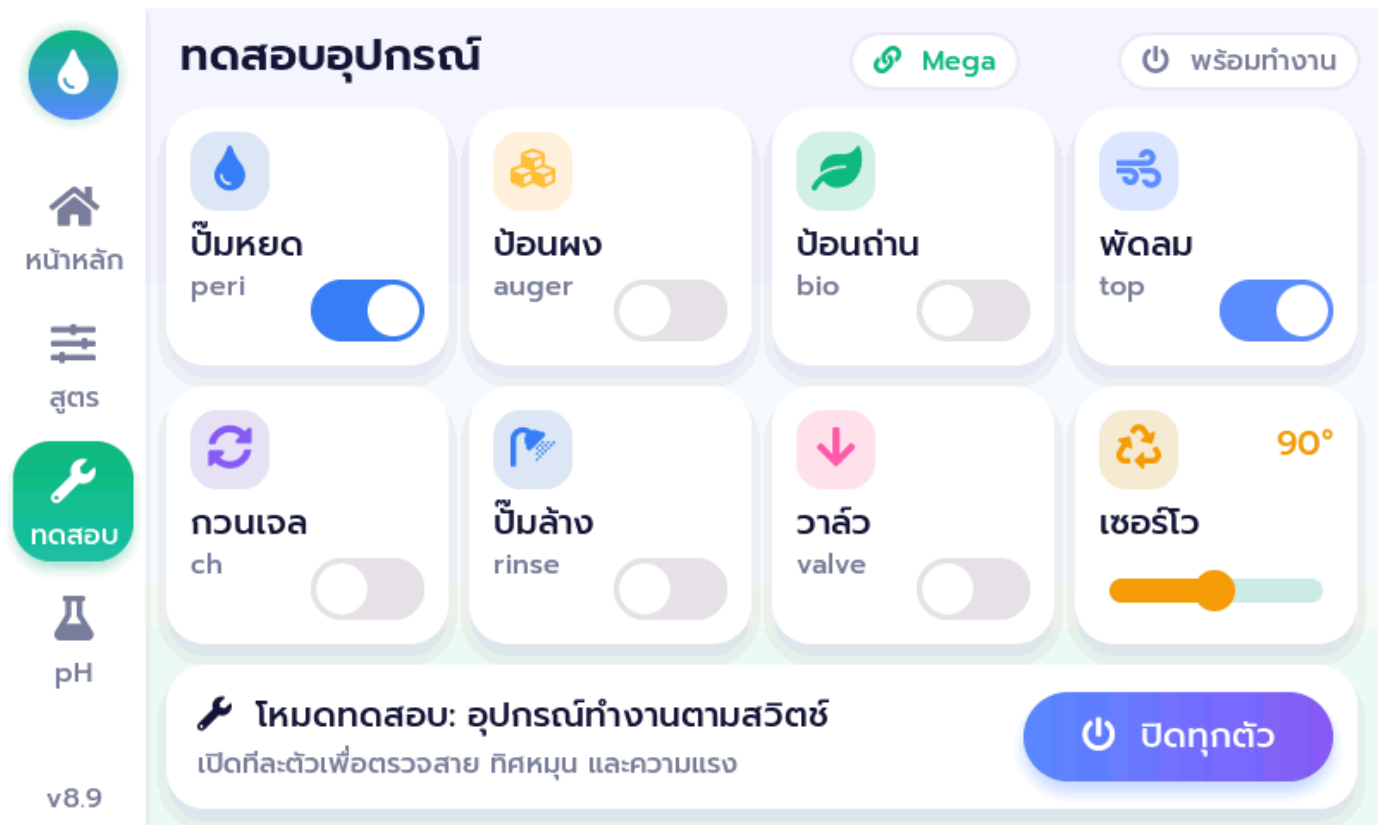
✓ **ตรวจสอบ:** จอขึ้นแรงดันที่บันทึก $\approx$ 2.5 V

10 จุด pH 4

1. ล้างหัววัด จุ่มบัฟเฟอร์ pH 4 รอ 1 นาที
2. กด "บันทึก pH 4"

✓ **ตรวจสอบ:** ความชันอยู่ระหว่าง 0.05–0.3 V/pH

ทดสอบอุปกรณ์ (หน้า "ทดสอบ")



รูปที่ 4 หน้าทดสอบ: เปิดอุปกรณ์ทีละตัวเมื่อเครื่องว่าง

6 การดูแลหลังใช้งาน

หลังจบทุกรอบ

- ☐ ทำน้ำทิ้งให้เป็นกลาง (pH 6–8) แล้วเททิ้ง
- ☐ ล้างถังขึ้นรูปและตะกร้าด้วยน้ำสะอาด
- ☐ ล้างเข็มหยด: เดินปั๊มหยดกับกรดเจือจาง แล้วน้ำสะอาด (หน้า ทดสอบ → ปั๊มหยด)
- ☐ เก็บหัววัด pH ในน้ำยาเก็บรักษา (KCl) ห้ามปล่อยให้แห้ง
- ☐ เช็ดผงที่ตกค้างรอบช่องป้อนผง

7 การแก้ไขปัญหา

การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุที่เป็นไปได้	วิธีแก้ไข
กด START แล้วไม่เริ่ม จอขึ้น "กรดในถังผสมไม่พอ"	กรดต่ำกว่าเซนเซอร์ระดับ (≈ 60 mL)	เติมกรดอะซิติก 1 M ให้ครบ 500 mL แล้วกด START ใหม่
กด START แล้วไม่มีอะไรเกิดขึ้น	E-stop ถูกกดค้าง หรือเครื่องอยู่ใน SAFE	หมุนดึง E-stop ขึ้น → กด รีเซ็ต บนจอ (หรือ START) → กด START อีกครั้ง

หยดออกมาเป็นสาย ไม่เป็นเม็ด	อัตราไหลเกิน ~1.5 mL/นาที่/เข็ม หรือสารละลายเหลวเกิน	ลดค่า "ความแรงปั๊มหยด" ในหน้าสูตร หรือเพิ่มเวลาหยด · ตรวจสอบความเข้มข้นโคโคซาน
เม็ดไม่กลม เป็นทางหรือแบน	ปลายเข็มอยู่สูง/ต่ำเกิน หรือ NaOH เจือจาง	ใช้ NaOH 2 M ที่เตรียมใหม่ · ตรวจสอบระดับ NaOH ในถัง ขึ้นรูป
เข็มบางหัวไม่หยด	เข็มอุดตันจากผงที่ละลายไม่หมด	ล้างเข็มด้วยกรดอะซิติกเจือจางแล้วน้ำสะอาด · เพิ่มเวลาจนละลาย
เครื่องหยุดระหว่างล้าง จอขึ้น "น้ำล้างใกล้หมด"	น้ำในถังน้ำล้างต่ำกว่าเซนเซอร์	เติมน้ำสะอาด เครื่องจะล้างตัวเอง
เครื่องค้างหลังแช่ จอขึ้น "ถึงน้ำทิ้งเต็ม"	ถึงน้ำทิ้งเต็ม ($\approx 85\%$)	ทำน้ำทิ้งให้เป็นกลางแล้วเททิ้ง เครื่องจะปล่อยน้ำตัวเอง
ล้างครบ 12 รอบแต่ pH ยังสูง	หัววัด pH คลาดเคลื่อน หรือสเปรย์ไม่ทั่ว	ปรับเทียบหัววัดใหม่ (หน้า pH) · ตรวจสอบหัวสเปรย์ 3 หัว · เพิ่ม "ล้างได้มากที่สุด"
สกปรกปนผงไม่หมุน / ผงไม่ลง	ผงจับก้อน (ขึ้น) หรือแกนสกปรกหมด	ใช้ผงแห้ง · ตรวจสอบสกปรกตัวหนอนที่ข้อต่อ (ประแจ 1.5 มม.)
จอขึ้น "ไม่พบ Mega"	สายสื่อสาร J17 หลุด หรือ Mega ไม่มีไฟ	ตรวจสอบสาย J17 (TX/RX/GND) และไฟ 5 V · ปิด-เปิดเครื่อง
วาล์วไม่เปิด น้ำไม่ลง	รีเลย์/ฟิวส์ หรือวาล์วอุดตัน	ทดสอบที่หน้า "ทดสอบ" → วาล์ว · ตรวจสอบฟิวส์ F1 · ถอดล้างวาล์ว
เซอร์โวเทลาดชนโครงหรือเทไม่หมด	ค่ามุม servo_home / servo_dump ไม่ตรงเครื่อง	ทดสอบมุมที่หน้า "ทดสอบ" แล้วตั้งค่าใหม่ทาง USB (SET:servo_dump=...)

8

ข้อมูลเพิ่มเติม



เว็บเครื่อง: วิดีโอแนะนำ Simulation 3 มิติ แดชบอร์ด และเอกสารทั้งหมด
<https://tanachat007.github.io/hk-green-15/>