

การตรวจวัดค่า pH ของเนื้อสัตว์ เซ็นเซอร์ InLab Solids Pro-ISM

ค่า pH ของเนื้อสัตว์เป็นสิ่งบ่งบอกสภาพของเนื้อสัตว์โดยตรง ทั้งความสด รสชาติ และคุณภาพโดยรวม ด้วยเหตุนี้อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์จึงต้องบันทึกการตรวจวัดค่า pH ของตัวอย่างในขั้นตอนการประเมินคุณภาพ การแปรรูป และการบรรจุหีบห่อ เซ็นเซอร์วัดค่า pH แบบทั่วไพบางที่มีหัวต่อเซรามิกอาจอุดตันได้ง่ายและยากต่อการทำความสะอาด ซึ่งทำให้มีคราบสกปรกสะสมบนเซ็นเซอร์และได้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง การหาค่า pH จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมตัวอย่างที่ใช้เวลานานยืดเยื้อ เซ็นเซอร์ที่ได้รับการปรับการออกแบบ เช่น InLab Solids Pro-ISM ของ METTLER TOLEDO จะมีการแก้ไขส่วนประกอบด้านการทำงานของเซ็นเซอร์เพื่อใช้ตรวจวัดตัวอย่างเนื้อสัตว์โดยการเสียบเซ็นเซอร์เข้าไปโดยตรง รวมทั้งเพื่อรับมือกับความท้าทายด้านการตรวจวัดอื่นๆ ได้ในทันที ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการหาค่า pH ของตัวอย่างเนื้อสัตว์จะรวดเร็วและมีความแม่นยำมากกว่า



บทนำ

คุณภาพส่วนต่างๆ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ขึ้นสุดท้าย เช่น ความนุ่มและความชุ่มฉ่ำจะขึ้นอยู่กับค่า pH ของเนื้อสัตว์ ตัวแปรภายในของตัวอย่างเนื้อสัตว์ เช่น ค่า pH, ความสามารถในการจับกับน้ำ, ปริมาณเกลือ และอุณหภูมิ จะเป็นตัวกำหนดความน่ารับประทาน ความสด และโอกาสที่จุลินทรีย์จะเติบโต หน่วยงานกำกับดูแล เช่น EFSA (หน่วยงานด้านความปลอดภัยของอาหารประจำภูมิภาคยุโรป) และ FSSAI (หน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศอินเดีย) ได้กำหนดให้การหาค่า pH เป็นวิธีตรวจสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยปกติแล้วค่า pH ที่อ้างถึงในคู่มือของหน่วยงานทั้งสองมักใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงมาตรฐาน ค่า pH ทั่วไปที่ระบุไว้มีดังนี้

ผลิตภัณฑ์	ค่า pH (ช่วง)
ไส้กรอกหมักแบบดิบ	4.8 ถึง 6.0
เนื้อวัว	5.4 ถึง 6.0
เนื้อหมู	5.5 ถึง 6.2
เนื้อกระป๋อง	5.8 ถึง 6.2
เนื้อหมักน้ำเกลือ	6.2 ถึง 6.4
เนื้อเยือกล้ามน้ำ	7.0 ถึง 7.2

ความสำคัญของการตรวจวัดค่า pH

ในกรณีที่ไม่มียอกซีเจน เช่น เนื้อสัตว์เสียชีวิตแล้ว ไกลโคเจนจากเซลล์ร่างกายจะถูกแปลงเป็นกรดแล็กติก กระบวนการทางชีวเคมีนี้ทำให้ค่า pH ลดลงและอาจเกิดขึ้นได้ภายในเวลาเพียง 1 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ สายพันธุ์ และปัจจัยอื่นๆ เนื้อสัตว์มีค่า pH อยู่ตั้งแต่ 5.5 ถึง 6.2 หรือตามที่ระบุไว้ในตารางอ้างอิงด้านบน แล้วแต่ประเภทเนื้อสัตว์ ค่า pH ที่ต่ำกว่า 5.3 บ่งบอกถึงกลิ่นหืนของตัวอย่างซึ่งเกิดจากการเก็บรักษาที่ไม่ดีและการถนอมอาหารที่ไม่เหมาะสม

ลักษณะไม่พึงประสงค์ 2 ประการในเนื้อสัตว์ ได้แก่ PSE (สีซีด อ่อนนุ่ม มีของเหลวซึมเยิ้ม) และ DFD (สีเข้ม เนื้อแข็ง) เนื่องจากสีและเนื้อสัมผัสของเนื้อสัตว์มีความเกี่ยวข้องกับค่า pH ของเนื้อโดยตรง PSE ในตัวหมูเกิดจากความเครียดรุนแรงก่อนที่จะถูกฆ่า ทำให้เนื้อมีสีซีดและรสชาติไม่ดี ค่า pH ของเนื้อสัตว์ดังกล่าวมีสภาพเป็นกรดและอยู่ที่ประมาณ 5.4 - 5.6 ในทางกลับกัน เนื้อสัตว์ DFD ที่มีสีเข้มนั้นไม่เป็นที่ต้องการสำหรับผู้บริโภคและมีรสชาติที่ไม่อร่อย ค่า pH ของเนื้อสัตว์เช่นนี้อยู่ในระดับสูงหรือประมาณ (6.4 - 6.8) ความสามารถในการจับกับน้ำของเนื้อสัตว์เป็นอีกตัวแปรสำคัญของคุณภาพเนื้อสัตว์ และความสามารถนี้ได้รับผลกระทบจากค่า pH ค่า pH ที่สูงทำให้เกิดภาวะการคั่งน้ำเพิ่มขึ้น เนื้อสัตว์จะได้รับการรักษาค่า pH ไว้ในระดับที่ต้องการตามการใช้งานในขั้นตอนสุดท้ายของเนื้อสัตว์นั้นๆ เช่น ในการผลิตไส้กรอก เพื่อคงความสามารถในการจับกับน้ำไว้ให้เหมาะสม

บางครั้งอาจมีการนำเทคนิคการหมักเกลือมาใช้โดยการเติมไนเตรต/ไนไตรต์ เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคและยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อสัตว์ หน่วย pH แต่ละหน่วยจะลดลงตามฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของไนไตรต์ที่เพิ่มขึ้น 10 เท่า การหาค่า pH จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์ในขั้นตอนต่อไป ต่อความสัมพันธ์ของความสามารถใน

การจับกับน้ำ และต่อการตรวจสอบความเป็นกรดที่เกิดจากส่วนผสมที่เติม เช่น ไนไตรต์ นอกจากนี้ค่า pH ยังช่วยควบคุมกระบวนการบ่มของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์หมักแบบดิบอีกด้วย

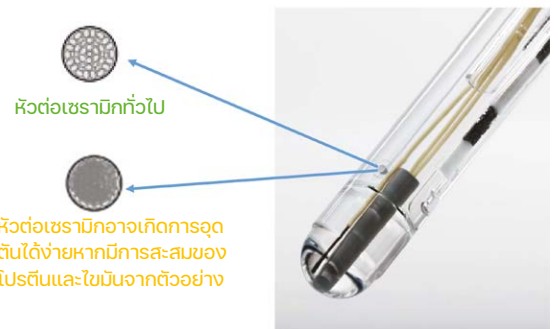
ความท้าทายในการตรวจวัด

ตัวอย่างเนื้อสัตว์ที่เป็นของแข็งโดยธรรมชาติต้องผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างก่อนตรวจวัดค่า pH ขึ้นตอนมาตรฐานคือ การบดและนำเนื้อสัตว์ไปผสมให้มีลักษณะเปียกชื้น ขึ้นตอนการเตรียมตัวอย่างเช่นนี้อาจทำให้มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดสูง ค่า pH ที่ไม่เสถียรซึ่งเกิดจากการสะสมของคราบสกปรกบนเซ็นเซอร์ก็เป็นปัญหาอีกข้อที่พบบ่อยในตัวอย่างดังกล่าว

ตารางดังต่อไปนี้จะอธิบายสรุปเกี่ยวกับความท้าทายและผลเสียต่อผลลัพธ์ของการตรวจวัดค่า pH เมื่อใช้เซ็นเซอร์แบบทั่วไป

ความท้าทายจากตัวอย่าง	ผลกระทบจากตัวอย่าง
ลักษณะที่เป็นของแข็ง	เสียบเซ็นเซอร์เข้าไปในตัวอย่างไม่โดยตรงได้ยากของตัวอย่าง
การเตรียมตัวอย่าง	วิธีการเลือก ได้แก่ การบดและการผสมตัวอย่างเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เวลานาน
ตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนสูง	หัวต่อเซ็นเซอร์เสียหายจากการอุดตัน ทำให้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง
ตัวอย่างมีปริมาณไขมันสูง	เซ็นเซอร์สกปรกเพราะมีคราบสะสมบนเมมเบรนแก้ว จึงทำให้ได้อ่านผลต่ำลง

ปริมาณไขมันและโปรตีนที่สูงจากตัวอย่างเนื้อสัตว์จะสะสมอยู่บนแก้วเซ็นเซอร์ จึงทำให้ตัวอย่างไม่สามารถทำปฏิกิริยากับเมมเบรนเพื่อเริ่มส่งสัญญาณได้ ระบบอ้างอิงแบบซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ทั่วไปอาจทำให้โปรตีนตกตะกอนเนื่องจากไม่มีซิลเวอร์ไอออนอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเกิดการตกตะกอนนี้ขึ้น หัวต่อเคลือบเซรามิกทั่วไปจะอุดตัน ทำให้อิเล็กโทรไลต์ไม่สามารถผสมกับตัวอย่างได้ และส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจวัดค่า



รูปที่ 1 : ผลกระทบจากตัวอย่างต่อเซ็นเซอร์วัดค่า pH แบบทั่วไปที่มีหัวต่อเป็นเซรามิก

ลักษณะที่เป็นของแข็งตามธรรมชาติของตัวอย่างเนื้อสัตว์อาจสร้างความท้าทายในการจัดการตัวอย่างให้ผู้ใช้ได้ เมมเบรนตรวจวัดที่บอบบางอาจเกิดรอยขีดข่วนได้ในระหว่างกระบวนการตรวจวัด ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเทคนิคการตรวจวัดทางอ้อมซึ่งเป็นวิธีการเลือกมาใช้ วิธีการคือจะนำตัวอย่าง

มาตรฐานมีลักษณะเป็ยกขึ้นโดยการเติมน้ำลงไป อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจวัดค่า pH ในเนื้อสัตว์ที่แม่นยำที่สุดคือการตรวจวัดในตัวอย่างโดยตรง ซึ่งตัวอย่างต้องไม่ผ่านการแปรรูปและอยู่ภายใต้ความเครียดทางกายภาพน้อยที่สุด

การเจาะตัวอย่างที่ถูกตัดเพื่อค่า pH ที่รวดเร็วและเชื่อถือได้
InLab Solids Pro-ISM (51344155) เป็นเซ็นเซอร์เฉพาะทางสำหรับการตรวจวัดค่า pH ของเนื้อสัตว์ด้วยความเที่ยงตรงแม่นยำ แมมเบรนตรวจวัดค่า pH สร้างขึ้นจากแก้วที่มีอุณหภูมิต่ำ (LoT) ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วและทนต่อการแตกหัก ระบบอ้างอิงโพสิเมอร์ XEROLYT®EXTRA แบบแข็งมีประโยชน์ 2 ประการคือ ต้องการการบำรุงรักษาน้อยและมีหัวต่อแบบเปิดที่ปราศจากการอุดตัน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการสะสมคราบโปรตีนบริเวณเซ็นเซอร์



รูปที่ 2: เซ็นเซอร์วัดค่า pH รุ่น InLab Solids Pro-ISM

เซ็นเซอร์ที่มีปลายแหลมรุ่นนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้เจาะทะลุตัวอย่างของแข็งได้อย่างง่ายดาย ปลายเซ็นเซอร์สามารถเจาะทะลุเนื้อสัตว์ได้พอเหมาะโดยไม่ทำให้เซลล์ตัวอย่างบอบช้ำ เซ็นเซอร์รุ่นนี้มีระบบอ้างอิงที่ได้รับการปรับปรุงให้ดีกว่าเดิม เรียกว่า ARGENTHAL™ ตัวดักจับซิลเวอร์ไอออนในระบบจะป้องกันไม่ทำให้ซิลเวอร์ไอออนเข้าสู่อิเล็กโทรไลต์ ทำให้โปรตีนจากตัวอย่างเนื้อสัตว์สามารถทำปฏิกิริยากับอิเล็กโทรไลต์ได้อิสระโดยไม่ตกตะกอน

เซ็นเซอร์รุ่นนี้มีเทคโนโลยีการจัดการหัววัดแบบอัจฉริยะ (ISM) ที่รักษาความปลอดภัยของข้อมูล เก็บรักษาประวัติการสอบเทียบ และตรวจสอบการสัมผัสอุณหภูมิสูงสุดของเซ็นเซอร์ คำว่า "Pro" หมายถึงหัววัดอุณหภูมิในตัวของเซ็นเซอร์ที่ช่วยจับอุณหภูมิของตัวอย่างได้อย่างแม่นยำและรองรับฟังก์ชัน ATC (การชดเชยอุณหภูมิอัตโนมัติ) อุณหภูมิมีผลต่อการตรวจวัดค่า pH ค่อนข้างมาก คุณต้องแก้ไขความชันของการสอบเทียบค่า pH ให้เป็นอุณหภูมิในการตรวจวัด เพื่อให้ได้ค่า pH ที่ถูกต้อง หากใช้ฟังก์ชัน ATC จะช่วยให้

สามารถปรับความชันให้เหมาะสมเพื่อรับมือกับอิทธิพลจากการขึ้นต่ออุณหภูมิที่มีต่อเซ็นเซอร์และระบบวัดค่า pH เช่น ขณะตรวจวัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมจะช่วยให้แน่ใจว่าความชันของการสอบเทียบได้รับการปรับให้ถูกต้องเพื่อแสดงประสิทธิภาพของระบบที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ค่า pH ที่วัดได้ ณ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสจะแตกต่างจากค่า pH ณ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เพราะไอออนแอกทิวิตี้ในตัวอย่างจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

ขั้นตอนและวิธีการ

สอบเทียบเซ็นเซอร์โดยใช้บัฟเฟอร์ที่ครอบคลุมช่วงของตัวอย่าง (ในกรณีนี้คือค่า pH 4.01 และ 7.00) บันทึกความชันและค่าออฟเซตของการสอบเทียบสำหรับอิเล็กโทรด โดยค่าความชันเป็น 95 - 105% และออฟเซต 0 ± 30 mV ช่วยให้มั่นใจได้ว่าการตรวจวัดน่าเชื่อถือ



รูปที่ 3: การตรวจวัดค่า pH ของตัวอย่างเนื้อสัตว์ปอกโดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่า pH รุ่น InLab Solids Pro-ISM

จะมีการนำชิ้นตัวอย่างเล็กๆ ที่เป็นตัวแทนเนื้อสัตว์ชนิดนั้นมาใช้ตรวจวัดค่า pH ให้เสียบเซ็นเซอร์วัดค่า pH รุ่น InLab Solids Pro-ISM ลงในชิ้นตัวอย่างเนื้อสัตว์นั้น อีกวิธีหนึ่งคือ คุณสามารถกรีดชิ้นเนื้อให้เป็นรอยเพื่อให้เสียบเซ็นเซอร์เข้าไปในตัวอย่างได้ง่ายขึ้น คุณต้องตรวจสอบอย่างรอบคอบเพื่อให้แน่ใจว่าปลายเซ็นเซอร์วัดค่า pH และหัวต่อสัมผัสกับตัวอย่างเนื้อสัตว์อย่างเหมาะสม ทำการตรวจวัดซ้ำในตำแหน่งอื่นๆ เพื่อให้ได้การอ่านค่า pH ที่นำมาใช้เป็นตัวแทนได้ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ไม่เกิน ± 0.05 หน่วย pH แสดงว่าความแปรปรวนในการตรวจวัดค่า pH ของตัวอย่างเนื้อสัตว์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ผลลัพธ์และการอภิปราย

ผลลัพธ์ของการตรวจวัดโดยทั่วไปของตัวอย่างเนื้อสัตว์ (ดำเนินการซ้ำ 3 ครั้ง) ที่ได้จากการใช้เซ็นเซอร์ InLab Solids Pro-ISM

ตัวอย่าง	ค่า pH เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
เนื้อแพะ	6.10	0.01	45
เนื้อหมู	5.82	0.03	24
เนื้อไก่	5.70	0.03	17

ตารางที่ 1: ค่า pH ของตัวอย่างเนื้อสัตว์ที่วัดโดยใช้เซ็นเซอร์ InLab Solids Pro-ISM

การวัดค่า pH ซ้ำๆ อาจทำให้เกิดการสะสมของโปรตีนและการปนเปื้อนบนพื้นผิวของเซ็นเซอร์ ซึ่งส่งผลให้เซ็นเซอร์ตอบสนองช้า การดูแลและบำรุงรักษาอิเล็กโทรดอย่างเหมาะสมจะช่วยให้จัดการกับการทำงานที่ล่าช้าของเซ็นเซอร์เช่นนี้ได้

คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

- เพื่อการทำความสะอาดอย่างทั่วถึง ให้ล้างอิเล็กโทรดด้วยสารละลายสบู่อ่อนๆ จากนั้นล้างออกด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน
- การบำรุงรักษาเป็นประจำสำคัญอย่างยิ่งต่อการยืดอายุการใช้งานของอิเล็กโทรดวัดค่า pH ขอแนะนำให้ปรับสภาพอิเล็กโทรดใหม่เป็นระยะในสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ตามประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์ ความถี่ในการปรับสภาพใหม่จะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ต่อวันและอายุของเซ็นเซอร์ ซึ่งเซ็นเซอร์เก่าจำเป็นต้องมีการปรับสภาพบ่อยกว่าเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์ใหม่ และอย่าลืมสอบเทียบเซ็นเซอร์อีกครั้งหลังปรับสภาพใหม่

- ขอแนะนำให้แช่เซ็นเซอร์ในสารละลายเพปซิน/HCl (51350100) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์เพื่อขจัดโปรตีนที่ก่อตัวบนเมมเบรนแก้ว
- ช่วงค่า pH สำหรับเซ็นเซอร์นี้คือ 1 ถึง 11 หน่วย pH ดังนั้นจึงไม่ควรสัมผัสกับสารเคมีที่เป็นกรดหรือด่างรุนแรง
- วิธีที่ดีที่สุดคือให้เก็บอิเล็กโทรดไว้ในฝาเปียกที่บรรจุสารละลายสำหรับการเก็บรักษา InLab (30111142) ระหว่างการตรวจวัดค่าแต่ละครั้งหรือเมื่อไม่ได้ใช้งานอิเล็กโทรดในช่วงเวลาสั้นๆ
- อย่าเก็บอิเล็กโทรดในที่แห้งหรือในน้ำกลั่น เนื่องจากส่งผลต่อเมมเบรนแก้วที่ไวต่อค่า pH และทำให้อายุการใช้งานอิเล็กโทรดสั้นลง

ข้อมูลเพิ่มเติม

- วิดีโอเกี่ยวกับการจัดการอิเล็กโทรดใน



- มีเตอร์วัดค่า pH, อิเล็กโทรด, สารละลาย และอุปกรณ์เสริมต่างๆ มากมายที่ครอบคลุม: www.mt.com/pH

เอกสารอ้างอิง

- The EFSA Journal (2003) 14, 1-31, The effects of Nitrites/Nitrates on the Microbiological Safety of Meat Products.
- Dutson, T.R., 1983, June. The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. In Reciprocal meat conference (Vol. 36, pp. 92-97).
- Heinz, G. and Hautzinger, P., 2007. Meat processing technology for small to medium scale producers.