บทที่4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การควบคุมคุณภาพของสิ่งที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 ผลของลักษณะทางกายภาพและชีวเคมีของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375

ตารางที่ 4.1 ตารางรายงานผลการตรวจความบริสุทธิ์ของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, ประเทศไทย ขณะก่อนจะทำการเก็บเป็น stock culture

อาหารเลี้ยงเชื้อ	ผลการตรวจสอบ
Xylose lysine deoxycholate agar (XLD) -ลักษณะโคโลนี	พบโคโลนีสีดำมีวงใสล้อมรอบ
Brilliant green Phenol red Lactose Sucrose agar (BPLS) -ลักษณะโคโลนี	พบโคโลนีสีครีมบนพื้นอาหารเลี้ยงเชื้อสีแดง
Triple sugar /iron agar (TSI)	-บนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อเอียงเป็นสีแดง ก้นหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสีเหลือง และเกิดสีดำในอาหารเลี้ยงเชื้อ (K/A^+)
Motile Indole L-Lysine decarboxylation (MIL)	-ขุ่นทั่วหลอดอาหาร ขณะที่สีของอาหารยังคงเป็นสีม่วง และเมื่อหยด kovac's reagent ลงไปแล้วเกิดสีเหลืองที่ผิวหน้าอาหาร (ไม่มีการเปลี่ยนแปลง) (Motility + , Indole - , Lysine +)
Urea agar (Christensen)	-สีอาหารเลี้ยงเชื้อไม่เปลี่ยนแปลง (Urea -)
Voges-Proskauer test(VP test)	-สีของสารละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลง (VP -)
Brain Heart Infusion agar (BHI) -ลักษณะโคโลนี -ลักษณะเซลล์ -การติดสีกรัม	โคโลนีมีลักษณะสีขาวขุ่น มันวาว รูปร่างกลม ขอบเรียบ รูปร่างเป็นแท่งสั้น(short rod) ติดสีกรัมลบ(สีแดง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการตรวจความบริสุทธิ์ของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ขณะก่อนจะทำการเก็บเป็น stock culture ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อทำการ streak เชื้อลงใน selective media Xylose lysine deoxycholate agar (XLD) และ Brilliant green Phenol red Lactose Sucrose agar (BPLS) พบว่าลักษณะโคโลนีที่ปรากฏในอาหารเลี้ยงเชื้อ XLD มีสีดำและมีวงใสล้อมรอบ เนื่องจาก *Salmonella* spp.มีเอนไซม์ decarboxylase จึงใช้ lysineได้ผลผลิตคือคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง และในสภาวะที่เป็นด่างพบว่ามีการสร้าง ferrous sulphate จึงทำให้ตรงจุดศูนย์กลางโคโลนีมีสีดำ (Difco Manual, 1984; Power, 1988; International standard ISO 6579, 2002) ขณะที่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BPLS ปรากฏโคโลนีสีครีมและบริเวณอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนพื้นและรอบโคโลนีจะเปลี่ยนจากสีเหลืองใสเป็นสีแดงใส เนื่องจาก *Salmonella* spp.ไม่สามารถหมัก (ferment) น้ำตาลแลกโทสและซูโครสได้ ดังนั้นจึงไม่เกิดการสร้างกรดอันเกิดจากการหมักน้ำตาล แต่จุลินทรีย์ใช้สารประกอบไนโตรเจนในการสร้างพลังงานทำให้เกิดสภาวะเป็นด่างในอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำให้ Phenol red เป็นสีแดง (yellow pH 6.8 and darker pinkish -red pH 7.4) (Merck, 2003) ซึ่งจาก selective media ทั้ง 2 ชนิดคาดว่าโคโลนีที่ตรวจอาจจะเป็น *Salmonella* spp.

จากผลการทดสอบทางชีวเคมีโดยใช้ TSI, Urea, MIL และ MR-VP Test ตามลำดับ พบว่าในอาหารที่ใช้ทดสอบ TSI บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อเอียงในหลอดทดลองเปลี่ยนเป็นสีชมพูแสดงว่าเชื้อไม่สามารถใช้น้ำตาลซูโครสและแลกโตส จึงใช้สารประกอบไนโตรเจนในการสร้างพลังงานทำให้เกิดสภาวะเป็นด่างบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อ ขณะที่ก้นหลอดทดลองเป็นสีเหลืองแสดงว่าเชื้อสามารถใช้น้ำตาลกลูโคสได้จึงสร้างกรดอันเกิดจากการหมักน้ำตาลขึ้น และตามรอยที่แทงลงในอาหารมีสีดำแสดงว่าเชื้อนี้สามารสร้าง H_2S ได้ (International standard ISO 6579, 2002) การทดสอบ MIL พบว่าหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อขุ่นทั้งหลอดแสดงว่าเชื้อมีการเคลื่อนที่ และสีของอาหารเลี้ยงเชื้อภายในหลอดเป็นสีม่วงแสดงว่าเชื้อมีเอนไซม์ decarboxylase ทำให้เชื้อสามารถใช้ lysine จึงได้ผลผลิตคือคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างทำให้สีของอินดิเคเตอร์เป็นสีม่วง และพบว่าเชื้อไม่สร้าง indole จาก ทริปโตเฟนหลังจากหยด kovac's reagent จึงเกิดสีเหลืองที่ผิวหน้าอาหารโดยไม่เกิดสีแดงขึ้น (International standard ISO 6579, 2002; เรณู, 2543) ผลการทดสอบ Urea พบว่าสีของอาหารไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าเชื้อไม่สามารถย่อย urea ให้กลายเป็นแอมโมเนียได้ ทำให้อาหารไม่เกิดสภาวะเป็นด่าง ดังนั้น phenol red ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์จึงไม่เปลี่ยนเป็นสีแดง (International standard ISO 6579, 2002) จากผลการทดสอบ VP testพบว่าสีของสารละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าไม่มีสารอะเซโตอิน หรือ acetylmethyl carbinol ซึ่งเป็นสารตัวกลางในการผลิต butylene glycol เนื่องจาก อะเซโตอิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จะถูกออกซิไดซ์ในสภาพที่มีออกซิเจนและ KOH ได้ผลผลิตออกมาเป็น diacetyl และทำปฏิกิริยากับกลุ่ม guanidine ซึ่งเป็นส่วนประกอบเปปโตนในสภาพด่าง (KOH) โดยมี 1 – napthol เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และให้ผลเป็นสารประกอบสีแดง (International standard ISO 6579, 2002; เรณู, 2543)

ต่อมาเมื่อนำโคโลนีไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI ซึ่งเป็น enrichment media พบว่าลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่น มันวาว รูปร่างกลม ขอบเรียบ และเมื่อนำมาย้อมสีกรัมพบว่ารูปร่างของเซลล์เป็นแท่งสั้น ติดสีกรัมลบ(สีแดง) เนื่องจาก ในแบคทีเรียกรัมลบจะมีสารจำพวกไขมันที่ผนังเซลล์มากกว่าของแบคทีเรียกรัมบวกและยังมีชั้นของผนังเซลล์บางกว่า ดังนั้นในกระบวนการย้อมสี เมื่อล้างด้วยแอลกอฮอล์ จะไปละลายไขมันทำให้รูเปิดของผนังเซลล์กว้างขึ้น จึงยอมให้สารโมเลกุลใหญ่ของสีคริสตัลไวโอเล็ต-ไอโอดีน คอมเพล็กซ์หลุดออกมา เมื่อย้อมสีซาฟรานินจึงติดสีแดงของซาฟรานิน (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544) นอกจากนี้จากการสังเกตเมื่อส่องดูลักษณะเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าไม่มีเซลล์ที่มีลักษณะอื่นเลย นอกจากเซลล์ที่เป็นลักษณะของ *Salmonella* spp.

จากการทดสอบทั้งหมดพบว่าเชื้อที่นำมาทำเป็น stock cultureในการทดลองสามารถแสดงลักษณะสัณฐานของเชื้อ *Salmonella* spp. ได้ ดังนั้นเชื้อนี้จึงเป็นเชื้อ *Salmonella* spp. และมีความบริสุทธิ์

4.1.2 การตรวจสอบค่า pH ของโซเดียมแลกเทต

ตารางที่ 4.2 ค่า pH ของโซเดียมแลกเทตก่อนและหลังทำการฆ่าเชื้อ

ช่วงเวลา	ค่า pH
ก่อนทำการฆ่าเชื้อ	$6.63^{a} \pm 0.01$
หลังทำการฆ่าเชื้อ	$6.63^{a} \pm 0.01$

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

-ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวัดค่า pH ของโซเดียมแลกเทตก่อนเริ่มต้นการทดลองทั้งหมด โดยเครื่องวัด pH Meter เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า pH ก่อนและหลังทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ 15 นาที แสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่า pH ที่วัดได้มีค่าเท่ากันทั้งก่อนและหลังการทดลองโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าความร้อนไม่มีผลต่อ

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของโซเดียมแลกเทต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของมหาวิทยาลัยออกฟอร์ด (2005) ว่าโซเดียมแลกเตทเป็นสารที่มีความคงตัว

4.1.3 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Brain heart infusion broth (BHI Broth) และ Maximum Recovery Diluent (MRD)

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Brain heart infusion broth (BHI broth) และ Maximum Recovery Diluent (MRD) โดยวิธีการ pour plate ด้วย BHI agar ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

การทดสอบครั้งที่	หน่วยทดลองที่ใช้สารที่นำมาทดสอบ	สารที่ต้องการทดสอบความปนเปื้อน		ผลการตรวจสอบ	
		BHI broth	MRD	BHI broth	MRD
1	ก,ข	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
2	ค	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
3	ง	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
4	1,2	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
5	3,4	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
6	5,6	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ตารางแสดงผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Brain heart infusion broth (BHI broth) และ Maximum Recovery Diluent (MRD) โดยวิธีการ pour plate ด้วย BHI agar ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

การทดสอบครั้งที่	หน่วยทดลองที่ใช้สารที่นำมาทดสอบ	สารที่ต้องการทดสอบความปนเปื้อน		ผลการตรวจสอบ	
		BHI broth	MRD	BHI broth	MRD
7	7,8	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
8	9,10	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
9	11,12	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
10	13,14	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
11	15,16	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
12	17,18	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
13	19,20	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
14	21,22	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ตารางแสดงผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Brain heart infusion broth (BHI broth) และ Maximum Recovery Diluent (MRD) โดยวิธีการ pour plate ด้วย BHI agar ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

การทดสอบครั้งที่	หน่วยทดลองที่ใช้สารที่นำมาทดสอบ	สารที่ต้องการทดสอบความปนเปื้อน		ผลการตรวจสอบ	
		BHI broth	MRD	BHI broth	MRD
15	23,24	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
16	25,26,27	หลอดที่1	หลอดที่1	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่2	หลอดที่2	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน
		หลอดที่3	หลอดที่3	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน	ไม่พบเชื้อปนเปื้อน

หมายเหตุ: - อักษร ก หมายถึง BHI broth และ MRD ที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาหาปริมาณของเชื้อ *Salmonella* spp. ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว BHI broth และบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

- อักษร ข,ค และง ตามลำดับ หมายถึง BHI broth และ MRD ที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาช่วงเวลาในการนับการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 เมื่อเจริญใน BHI broth ที่มีโซเดียมแลกเทต 3 ระดับคือ 0%, 1.2% และ 2.4% ตามลำดับ

- ตัวเลขในหน่วยทดลองที่ 1 – 27 หมายถึงหน่วยทดลองทั้งหมดของงานวิจัยนี้

ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI Broth และ MRD โดยวิธีการ pour plate ด้วย BHI agar พบว่าไม่ปรากฏเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ตลอดการทดลอง แสดงว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI Broth และ MRD ที่ใช้ในการทดลองไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* ใน BHI เบื้องต้นก่อนการทดลองจริง

4.2.1 การนับจำนวนเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ที่เจริญในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 จำนวนของเชื้อ *Salmonella* spp. ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth

ความเข้มข้น	จำนวนโคโลนี จากขวดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 1		จำนวนโคโลนี จากขวดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 2	
	จานที่ 1	จานที่ 2	จานที่ 1	จานที่ 2
10^{-2}	> 300	> 300	> 300	> 300
10^{-3}	> 300	> 300	> 300	> 300
10^{-4}	> 300	> 300	> 300	> 300
10^{-5}	> 300	> 300	> 300	> 300
10^{-6}	> 300	> 300	255	> 300
10^{-7}	109	95	137	172
10^{-8}	35	21	35	32
10^{-9}	2	12	5	0
จำนวนเชื้อที่คำนวณได้	1.14×10^{9} = 9.06 log cfu/ml		5.17×10^{8} = 8.71 log cfu/ml	
จำนวนเชื้อเฉลี่ย	8.89 ± 0.25 log cfu/ml			

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อ *Salmonella* spp. ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth พบว่าจำนวนเชื้อจากขวดอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 1 และที่2 มีปริมาณ 9.06 และ 8.71 log cfu/ml ตามลำดับ และมีจำนวนเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 8.89 ± 0.25 log cfu/ml ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Angela และคณะ (1988) โดยพบว่าเชื้อ *Salmonella* spp. เมื่อเจริญอยู่ในช่วง stationary phase และมีจำนวนเชื้อประมาณ $1x10^{9}$ ต่อมิลลิลิตร เมื่อเลี้ยงเชื้อ *Salmonella* spp. ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic Soy Broth (TSB) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 นับจำนวนเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ที่เจริญใน BHI broth ที่มีโซเดียมแลกเทต 3 ระดับคือ 0%, 1.2% และ 2.4% ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ความสามารถในการเจริญเติบโตของเชื้อจะแตกต่างกันเมื่ออยู่ในสภาวะที่ต่างกัน (Tortura *et al*., 1998) ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาลักษณะช่วงการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ใน BHI broth โดยมีโซเดียมแลกเทต 3 ระดับคือ 0%, 1.2% และ 2.4%

ตารางที่ 4.5 การเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ใน BHI broth ที่มีโซเดียมแลกเทต 3 ระดับคือ 0%, 1.2% และ 2.4%

จุดที่ตรวจเชื้อ	เวลา ณ จุดนับจำนวนเชื้อ ***Salmonella*** ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI ซึ่งแต่ละขวดมี SL 0%, 1.2% และ 2.4%			จำนวนเชื้อเฉลี่ย (log cfu/ml)		
	SL0%	SL1.2%	SL2.4%	SL0%	SL1.2%	SL2.4%
1	0	0	0	3.33 ± 0.01	2.45 ± 0.21	2.67 ± 0.16
2	0.5	0.5	0.5	2.45 ± 0.21	2.58 ± 0.03	3.43 ± 0.18
3	1	1	1	2.70 ± 0.00	2.75 ± 0.21	2.64 ± 0.05
4	1.5	1.5	1.5	3.07 ± 0.07	2.98 ± 0.04	3.02 ± 0.09
5	2	2	2	3.38 ± 0.15	3.11 ± 0.00	3.08 ± 0.54
6	3	3	3	4.02 ± 0.26	3.68 ± 0.05	3.56 ± 0.28
7	4	4	4	4.92 ± 0.03	4.25 ± 0.07	4.13 ± 0.07
8	5	5	5	5.82 ± 0.01	5.01 ± 0.10	4.96 ± 0.04
9	6	6	6	6.81 ± 0.03	5.71 ± 0.13	5.46 ± 0.11
10	7	7	7	7.58 ± 0.16	6.70 ± 0.18	5.52 ± 0.32
11	8	8	8	7.90 ± 0.03	7.22 ± 0.11	6.34 ± 0.70
12	9	9	9	8.38 ± 0.03	7.66 ± 0.06	6.35 ± 1.28
13	10	10	10	8.32 ± 0.03	8.02 ± 0.22	7.38 ± 0.11

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

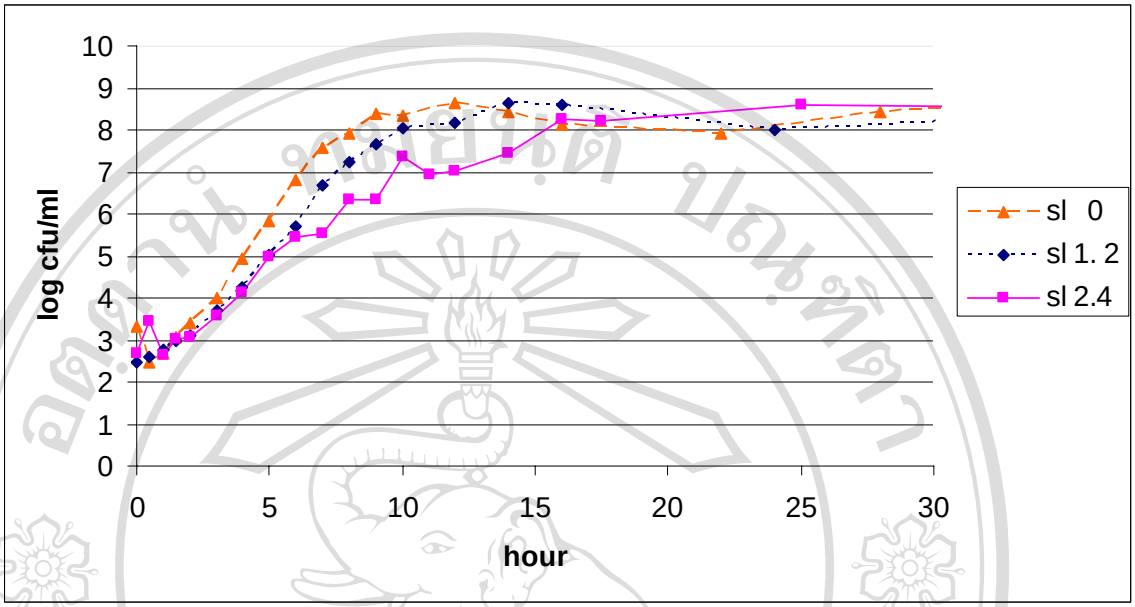
ตารางที่ 4.5 (ต่อ) การเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ใน BHI broth ที่มีโซเดียมแลกเทต 3 ระดับคือ 0%, 1.2% และ 2.4%

จุดที่ตรวจเชื้อ	เวลา ณ จุดนับจำนวนเชื้อ ***Salmonella*** ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI ซึ่งแต่ละขวดมี SL 0%, 1.2% และ 2.4%			จำนวนเชื้อเฉลี่ย (log cfu/ml)		
	SL0%	SL1.2%	SL2.4%	SL0%	SL1.2%	SL2.4%
14	12	12	11	8.62 ± 0.13	8.17 ± 0.08	6.94 ± 0.91
15	14	14	12	8.43 ± 0.10	8.66 ± 0.01	7.03 ± 1.11
16	16	16	14	8.12 ± 0.19	8.60 ± 0.13	7.46 ± 1.41
17	22	24	16	7.93 ± 0.03	8.02 ± 0.04	8.24 ± 0.40
18	28	32	17.5	8.40 ± 0.08	8.25 ± 0.07	8.22 ± 0.39
19	52	51	25	9.40 ± 0.14	9.18 ± 0.00	8.60 ± 0.12
20	72.5	83.5	32	9.60 ± 0.02	9.45 ± 0.27	8.54 ± 0.06
21	100	103	55	9.78 ± 0.04	9.53 ± 0.30	8.48 ± 0.76
22	124	125	78	9.38 ± 0.14	9.06 ± 0.34	9.59 ± 0.30
23	143	149	101	8.84 ± 1.05	9.44 ± 0.05	9.55 ± 0.03
24	176.75	172.5	274	9.40 ± 0.04	9.37 ± 0.07	9.48 ± 0.04
25	195.75	344	438.75	9.31 ± 0.04	9.35 ± 0.07	9.52 ± 0.28
26	216	508	630	9.31 ± 0.04	9.47 ± 0.09	9.26 ± 0.04
27	241	702	754	9.20 ± 0.11	9.32 ± 0.03	9.54 ± 0.09
28	263.5			9.34 ± 0.22		
29	436.75			9.53 ± 0.17		
30	600			9.49 ± 0.06		
31	794			9.38 ± 0.26		

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ในสภาวะที่โซเดียมแลกเทตเท่ากับ 0%, 1.2% และ 2.4% ตามลำดับ ณ ชั่วโมงที่ 0 ถึง 30

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ที่เจริญใน BHI broth ที่มีโซเดียมแลคเทต 3 ระดับคือ 0% , 1.2% และ 2.4% ตามลำดับ มีการเจริญอยู่ในช่วง stationary phase ยาวนานจนถึงชั่วโมงที่ทำการนับการเจริญที่ 794, 702 และ 754 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1 พบว่าเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 มีแนวโน้มในการเจริญแตกต่างกันเมื่ออยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth ที่มีโซเดียมแลคเทต 3 ระดับคือ 0% , 1.2% และ 2.4% ตามลำดับ ทำให้สามารถกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลองเพื่อการนับจำนวนเชื้อ ณ เวลาเดียวกันได้ โดยครอบคลุมทุกช่วงการเจริญเติบโตของเชื้อคือ lag – phase, exponential phase และ stationary phase ทำให้ได้จุดเวลาที่ใช้ในการนับปริมาณเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 จำนวน 18 จุดคือ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 การศึกษาการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375

4.3.1 การศึกษาจำนวนโลนีของเชื้อในช่วงระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง (growth curve)

ทำการวางแผนการดำเนินการทดลองแบบ 3^3 factorial in CRD โดยมี 3 ปัจจัยคือ โซเดียมแลกเทต โซเดียมคลอไรด์ และ pH ซึ่งแต่ละปัจจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับคือโซเดียมแลกเทต 0, 1.2 และ 2.4 % ตามลำดับ โซเดียมคลอไรด์ 0, 2 และ 4 % ตามลำดับ และ pH 6.5,7.0 และ 7.5 ตามลำดับ ทำการนับจำนวนเชื้อ ณ 18 จุดเวลาคือ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยวัดค่า pH ควบคู่กับการนับจำนวนเชื้อ ณ เวลาแต่ละจุด

ตารางที่ 4.6 ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 0%					
	Sodium chloride 0%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.24 ± 0.09	6.50 ± 0.01	3.09 ± 0.07	7.01 ± 0.01	3.33 ± 0.043	7.51 ± 0.01
1	3.30 ± 0.06	6.51 ± 0.01	3.45 ± 0.21	7.03 ± 0.02	3.48 ± 0.091	7.52 ± 0.01
2	4.15 ± 0.22	6.52 ± 0.02	4.14 ± 0.16	7.00 ± 0.02	4.26 ± 0.117	7.51 ± 0.02
3	4.71 ± 0.04	6.51 ± 0.01	4.92 ± 0.13	7.01 ± 0.00	5.05 ± 0.040	7.50 ± 0.01
4	5.63 ± 0.06	6.50 ± 0.01	5.74 ± 0.07	7.04 ± 0.01	5.95 ± 0.145	7.49 ± 0.02
6	7.11 ± 0.21	6.47 ± 0.00	7.28 ± 0.14	7.02 ± 0.01	7.66 ± 0.141	7.27 ± 0.01
8	8.18 ± 0.18	6.33 ± 0.06	8.45 ± 0.07	6.33 ± 0.02	8.90 ± 0.018	5.79 ± 0.01
10	8.69 ± 0.04	5.87 ± 0.07	8.83 ± 0.02	5.97 ± 0.00	8.95 ± 0.008	5.82 ± 0.01
12	8.67 ± 0.06	5.79 ± 0.01	8.81 ± 0.08	5.96 ± 0.01	8.95 ± 0.018	5.93 ± 0.01
14	8.72 ± 0.07	6.46 ± 0.01	8.87 ± 0.07	6.01 ± 0.01	8.99 ± 0.052	5.85 ± 0.00
16	8.67 ± 0.01	5.89 ± 0.01	8.81 ± 0.06	5.88 ± 0.22	8.98 ± 0.004	5.89 ± 0.05
18	8.76 ± 0.01	5.91 ± 0.06	8.85 ± 0.06	6.06 ± 0.06	9.01 ± 0.089	5.85 ± 0.01
22	8.63 ± 0.04	6.13 ± 0.01	8.86 ± 0.03	6.24 ± 0.01	9.07 ± 0.106	5.97 ± 0.03
26	8.79 ± 0.01	6.07 ± 0.08	8.87 ± 0.08	6.39 ± 0.10	9.05 ± 0.032	6.08 ± 0.04
30	8.89 ± 0.06	6.18 ± 0.05	8.88 ± 0.04	6.46 ± 0.14	9.01 ± 0.050	6.15 ± 0.06
198	8.66 ± 0.13	7.74 ± 0.61	8.96 ± 0.06	7.71 ± 0.26	8.33 ± 0.533	7.37 ± 1.23
366	7.06 ± 0.03	8.91 ± 0.01	7.13 ± 0.35	9.00 ± 0.03	8.15 ± 1.196	7.00 ± 0.79
534	7.52 ± 0.70	8.91 ± 0.04	6.55 ± 0.16	8.92 ± 0.01	7.70 ± 0.784	7.58 ± 1.49

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 0%					
	Sodium chloride 2%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.07 ± 0.10	6.50 ± 0.01	3.15 ± 0.11	6.90 ± 0.00	3.06 ± 0.03	7.53 ± 0.01
1	3.27 ± 0.10	6.51 ± 0.00	3.33 ± 0.07	6.97 ± 0.06	3.36 ± 0.08	7.53 ± 0.01
2	3.90 ± 0.07	6.50 ± 0.02	3.85 ± 0.08	6.86 ± 0.03	3.72 ± 0.02	7.51 ± 0.00
3	4.55 ± 0.19	6.47 ± 0.03	4.48 ± 0.02	6.95 ± 0.01	4.37 ± 0.04	7.52 ± 0.01
4	4.98 ± 0.00	6.49 ± 0.03	5.28 ± 0.03	6.96 ± 0.01	5.07 ± 0.12	7.51 ± 0.01
6	5.94 ± 0.01	6.34 ± 0.01	6.39 ± 0.15	6.88 ± 0.00	6.55 ± 0.04	7.50 ± 0.01
8	7.51 ± 0.21	6.35 ± 0.01	7.66 ± 0.07	6.77 ± 0.04	7.75 ± 0.11	6.40 ± 0.05
10	8.51 ± 0.13	5.90 ± 0.07	8.75 ± 0.09	5.83 ± 0.04	8.86 ± 0.01	5.70 ± 0.01
12	8.70 ± 0.00	5.62 ± 0.02	8.96 ± 0.04	5.75 ± 0.00	8.96 ± 0.03	5.79 ± 0.02
14	8.64 ± 0.12	5.51 ± 0.01	8.96 ± 0.01	5.79 ± 0.00	8.92 ± 0.04	5.86 ± 0.09
16	8.66 ± 0.01	5.45 ± 0.03	8.90 ± 0.04	5.85 ± 0.00	8.67 ± 0.01	5.81 ± 0.01
18	8.51 ± 0.16	5.39 ± 0.12	8.73 ± 0.01	5.80 ± 0.02	8.77 ± 0.10	5.87 ± 0.05
22	8.61 ± 0.06	5.66 ± 0.00	8.83 ± 0.18	6.02 ± 0.14	8.96 ± 0.05	6.04 ± 0.15
26	8.66 ± 0.04	5.74 ± 0.00	8.80 ± 0.00	5.94 ± 0.01	8.96 ± 0.02	6.09 ± 0.02
30	8.71 ± 0.03	5.79 ± 0.01	8.79 ± 0.08	6.21 ± 0.01	9.06 ± 0.16	6.17 ± 0.14
198	8.55 ± 0.11	7.93 ± 0.04	8.29 ± 0.08	7.97 ± 0.24	8.24 ± 0.02	8.21 ± 0.19
366	8.45 ± 0.12	8.34 ± 0.09	8.30 ± 0.11	8.35 ± 0.17	8.11 ± 0.17	8.56 ± 0.14
534	6.89 ± 0.27	8.73 ± 0.06	6.96 ± 0.09	8.85 ± 0.13	8.17 ± 0.30	8.62 ± 0.05

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 0%					
	Sodium chloride 4%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	2.93 ± 0.10	6.52 ± 0.03	2.97 ± 0.01	7.02 ± 0.01	3.05 ± 0.01	7.53 ± 0.02
1	3.02 ± 0.03	6.50 ± 0.00	3.07 ± 0.10	7.03 ± 0.02	3.16 ± 0.06	7.52 ± 0.04
2	2.83 ± 0.02	6.51 ± 0.09	3.03 ± 0.04	7.03 ± 0.01	3.14 ± 0.09	7.51 ± 0.01
3	3.10 ± 0.14	6.50 ± 0.30	3.11 ± 0.10	7.02 ± 0.01	4.16 ± 0.06	7.50 ± 0.00
4	3.27 ± 0.27	6.51 ± 0.06	3.24 ± 0.23	7.01 ± 0.00	3.42 ± 0.01	7.50 ± 0.01
6	4.32 ± 0.00	6.53 ± 0.01	4.37 ± 0.46	7.02 ± 0.03	4.08 ± 0.05	7.51 ± 0.01
8	5.04 ± 0.27	6.52 ± 0.01	5.02 ± 0.03	6.33 ± 0.02	5.61 ± 0.15	7.38 ± 0.00
10	5.89 ± 0.02	6.46 ± 0.03	6.23 ± 0.21	5.97 ± 0.00	6.43 ± 0.05	7.33 ± 0.02
12	6.71 ± 0.36	6.39 ± 0.01	6.52 ± 0.25	5.96 ± 0.01	6.89 ± 0.14	7.00 ± 0.10
14	7.79 ± 0.05	5.50 ± 0.71	8.05 ± 0.18	6.01 ± 0.01	8.05 ± 0.09	6.19 ± 0.16
16	8.45 ± 0.14	5.00 ± 0.01	8.55 ± 0.14	5.41 ± 0.06	8.93 ± 0.04	5.72 ± 0.02
18	8.47 ± 0.01	5.03 ± 0.02	8.54 ± 0.06	5.37 ± 0.04	9.01 ± 0.01	5.76 ± 0.04
22	8.38 ± 0.14	5.07 ± 0.04	8.45 ± 0.08	5.43 ± 0.00	8.73 ± 0.04	6.02 ± 0.13
26	8.41 ± 0.05	5.20 ± 0.04	8.62 ± 0.07	5.54 ± 0.09	8.77 ± 0.06	6.00 ± 0.01
30	8.43 ± 0.09	5.28 ± 0.03	8.62 ± 0.01	5.58 ± 0.10	8.80 ± 0.00	6.00 ± 0.26
198	8.41 ± 0.21	6.23 ± 0.09	8.29 ± 0.14	6.30 ± 0.03	8.03 ± 0.02	7.56 ± 0.41
366	7.46 ± 0.32	7.84 ± 0.20	7.59 ± 0.47	8.13 ± 0.04	7.03 ± 0.21	8.39 ± 0.02
534	7.96 ± 0.05	8.53 ± 0.05	7.45 ± 0.74	7.77 ± 0.10	7.76 ± 0.16	8.48 ± 0.09

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 1.2%					
	Sodium chloride 0%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.16 ± 0.07	6.49 ± 0.01	3.22 ± 0.05	7.02 ± 0.02	3.15 ± 0.05	7.52 ± 0.01
1	3.36 ± 0.05	6.51 ± 0.00	3.29 ± 0.02	7.00 ± 0.04	3.35 ± 0.01	7.50 ± 0.01
2	4.13 ± 0.21	6.54 ± 0.01	8.99 ± 0.02	6.99 ± 0.00	4.02 ± 0.03	7.50 ± 0.01
3	4.52 ± 0.03	6.53 ± 0.01	4.72 ± 0.01	7.05 ± 0.01	4.67 ± 0.14	7.48 ± 0.01
4	5.27 ± 0.10	6.53 ± 0.01	5.47 ± 0.01	7.02 ± 0.01	5.81 ± 0.11	7.44 ± 0.01
6	6.43 ± 0.02	6.52 ± 0.01	6.90 ± 0.05	7.04 ± 0.01	7.14 ± 0.16	7.29 ± 0.01
8	7.91 ± 0.00	6.39 ± 0.01	8.19 ± 0.06	6.59 ± 0.01	8.65 ± 0.04	6.51 ± 0.03
10	8.51 ± 0.07	5.89 ± 0.01	8.77 ± 0.05	5.86 ± 0.01	8.99 ± 0.06	5.80 ± 0.03
12	8.66 ± 0.10	5.74 ± 0.00	8.78 ± 0.10	5.74 ± 0.00	8.97 ± 0.02	5.90 ± 0.01
14	8.69 ± 0.09	5.74 ± 0.00	8.85 ± 0.00	5.70 ± 0.00	8.97 ± 0.01	5.93 ± 0.01
16	8.71 ± 0.12	5.73 ± 0.01	8.79 ± 0.08	5.85 ± 0.07	8.95 ± 0.02	6.08 ± 0.00
18	8.58 ± 0.08	5.72 ± 0.02	8.74 ± 0.03	6.00 ± 0.06	9.02 ± 0.01	6.03 ± 0.01
22	8.68 ± 0.09	5.72 ± 0.05	8.79 ± 0.05	6.01 ± 0.09	9.00 ± 0.03	6.06 ± 0.03
26	8.73 ± 0.08	5.78 ± 0.02	8.82 ± 0.09	6.17 ± 0.03	8.95 ± 0.03	6.15 ± 0.02
30	8.58 ± 0.09	5.80 ± 0.04	8.73 ± 0.02	6.16 ± 0.06	8.99 ± 0.03	6.34 ± 0.09
198	8.93 ± 0.04	8.07 ± 0.01	9.24 ± 0.06	7.81 ± 0.30	8.79 ± 0.13	8.02 ± 0.06
366	8.16 ± 0.06	8.75 ± 0.07	8.33 ± 0.14	8.76 ± 0.05	7.34 ± 0.84	7.53 ± 1.34
534	4.80 ± 0.46	9.14 ± 0.01	4.40 ± 0.14	9.12 ± 0.01	4.12 ± 0.17	9.04 ± 0.11

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 1.2%					
	Sodium chloride 2%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.08 ± 0.00	6.50 ± 0.03	2.96 ± 0.17	6.98 ± 0.03	3.11 ± 0.05	7.52 ± 0.01
1	3.09 ± 0.12	6.50 ± 0.02	3.07 ± 0.10	7.02 ± 0.01	3.21 ± 0.09	7.52 ± 0.01
2	3.30 ± 0.09	6.52 ± 0.02	3.25 ± 0.04	7.00 ± 0.02	3.35 ± 0.10	7.51 ± 0.01
3	3.73 ± 0.02	6.50 ± 0.02	3.80 ± 0.05	7.00 ± 0.01	3.76 ± 0.02	7.51 ± 0.01
4	4.37 ± 0.09	6.51 ± 0.02	4.41 ± 0.02	7.00 ± 0.02	4.55 ± 0.04	7.50 ± 0.01
6	5.32 ± 0.05	6.52 ± 0.00	5.52 ± 0.16	6.99 ± 0.02	5.62 ± 0.04	7.49 ± 0.02
8	6.62 ± 0.19	6.50 ± 0.02	6.61 ± 0.15	6.95 ± 0.02	6.89 ± 0.14	7.45 ± 0.01
10	7.58 ± 0.03	6.28 ± 0.01	7.76 ± 0.09	6.60 ± 0.01	8.99 ± 0.06	6.73 ± 0.07
12	8.47 ± 0.10	5.85 ± 0.01	8.57 ± 0.06	5.88 ± 0.03	8.97 ± 0.02	5.94 ± 0.03
14	8.52 ± 0.03	5.60 ± 0.01	8.72 ± 0.14	5.60 ± 0.06	8.87 ± 0.03	5.82 ± 0.03
16	8.58 ± 0.06	5.56 ± 0.01	8.72 ± 0.01	5.66 ± 0.03	8.93 ± 0.03	5.91 ± 0.02
18	8.68 ± 0.03	5.48 ± 0.01	8.78 ± 0.04	5.71 ± 0.00	8.92 ± 0.21	5.97 ± 0.01
22	8.58 ± 0.06	5.50 ± 0.01	8.72 ± 0.08	5.83 ± 0.04	8.99 ± 0.04	6.12 ± 0.03
26	8.60 ± 0.24	5.57 ± 0.03	8.85 ± 0.00	6.02 ± 0.01	8.82 ± 0.03	6.32 ± 0.04
30	8.85 ± 0.10	5.75 ± 0.02	8.67 ± 0.06	6.21 ± 0.04	8.83 ± 0.06	6.35 ± 0.13
198	8.53 ± 0.06	7.49 ± 0.04	8.62 ± 0.03	7.67 ± 0.01	8.23 ± 0.69	7.14 ± 0.84
366	8.41 ± 0.04	8.40 ± 0.10	8.37 ± 0.01	8.26 ± 0.04	8.01 ± 0.04	7.50 ± 0.79
534	7.20 ± 0.08	8.97 ± 0.01	6.17 ± 0.67	7.78 ± 1.80	5.68 ± 0.49	9.01 ± 0.06

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 1.2%					
	Sodium chloride 4%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.02 ± 0.25	6.52 ± 0.01	3.04 ± 0.06	7.02 ± 0.01	3.02 ± 0.03	7.48 ± 0.01
1	3.21 ± 0.19	6.53 ± 0.03	3.08 ± 0.05	7.00 ± 0.00	2.39 ± 0.12	7.46 ± 0.01
2	3.22 ± 0.02	6.48 ± 0.01	3.11 ± 0.05	7.00 ± 0.00	2.65 ± 0.07	7.45 ± 0.01
3	3.24 ± 0.05	6.49 ± 0.01	3.09 ± 0.12	6.99 ± 0.00	2.68 ± 0.11	7.47 ± 0.04
4	3.33 ± 0.22	6.50 ± 0.02	3.40 ± 0.20	7.00 ± 0.01	2.85 ± 0.12	7.46 ± 0.01
6	4.21 ± 0.13	6.47 ± 0.01	3.86 ± 0.06	6.98 ± 0.01	2.86 ± 0.11	7.45 ± 0.03
8	4.80 ± 0.28	6.46 ± 0.00	4.94 ± 0.14	7.00 ± 0.02	3.27 ± 0.09	7.39 ± 0.04
10	5.70 ± 0.22	6.46 ± 0.01	5.58 ± 0.11	6.99 ± 0.02	3.60 ± 0.43	7.45 ± 0.00
12	6.70 ± 0.24	6.49 ± 0.04	5.93 ± 0.08	6.99 ± 0.02	4.11 ± 0.14	7.44 ± 0.00
14	7.06 ± 0.21	6.37 ± 0.01	7.10 ± 0.39	6.67 ± 0.05	4.66 ± 0.06	7.41 ± 0.01
16	7.79 ± 0.25	6.05 ± 0.09	7.91 ± 0.08	6.19 ± 0.03	5.13 ± 0.33	7.42 ± 0.00
18	8.01 ± 0.01	5.77 ± 0.10	8.25 ± 0.04	5.81 ± 0.09	5.78 ± 0.11	7.40 ± 0.02
22	8.34 ± 0.11	5.56 ± 0.01	8.44 ± 0.03	5.62 ± 0.05	6.96 ± 0.01	6.74 ± 0.10
26	8.28 ± 0.11	5.47 ± 0.01	8.55 ± 0.03	5.78 ± 0.04	7.91 ± 0.12	6.07 ± 0.11
30	8.37 ± 0.10	5.52 ± 0.06	8.51 ± 0.05	5.93 ± 0.01	8.04 ± 0.04	5.76 ± 0.01
198	8.20 ± 0.08	7.21 ± 0.08	7.98 ± 0.05	7.42 ± 0.06	7.71 ± 0.03	7.05 ± 0.07
366	7.75 ± 0.11	8.33 ± 0.01	7.37 ± 0.04	8.35 ± 0.04	7.90 ± 0.29	7.60 ± 0.06
534	7.66 ± 0.11	8.33 ± 0.31	6.47 ± 1.88	8.72 ± 0.24	7.83 ± 0.02	7.70 ± 0.11

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 2.4%					
	Sodium chloride 0%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.25 ± 0.10	6.56 ± 0.01	3.15 ± 0.00	7.02 ± 0.01	3.16 ± 0.02	7.48 ± 0.01
1	3.36 ± 0.03	6.55 ± 0.00	3.48 ± 0.00	6.93 ± 0.01	3.46 ± 0.04	7.50 ± 0.03
2	3.95 ± 0.01	6.51 ± 0.04	3.96 ± 0.01	6.91 ± 0.01	3.97 ± 0.04	7.49 ± 0.01
3	4.82 ± 0.02	6.48 ± 0.01	4.75 ± 0.01	6.90 ± 0.02	4.76 ± 0.01	7.49 ± 0.00
4	5.43 ± 0.10	6.52 ± 0.01	5.46 ± 0.04	6.89 ± 0.01	5.45 ± 0.02	7.50 ± 0.04
6	6.87 ± 0.02	6.55 ± 0.02	7.06 ± 0.21	6.95 ± 0.04	6.96 ± 0.06	7.48 ± 0.01
8	7.94 ± 0.06	6.40 ± 0.04	8.19 ± 0.11	6.60 ± 0.01	8.27 ± 0.11	6.70 ± 0.01
10	8.61 ± 0.06	6.06 ± 0.02	8.79 ± 0.07	6.06 ± 0.02	8.85 ± 0.09	6.04 ± 0.00
12	8.53 ± 0.10	6.01 ± 0.01	8.78 ± 0.03	5.93 ± 0.01	8.83 ± 0.06	5.94 ± 0.00
14	8.56 ± 0.14	6.00 ± 0.01	8.79 ± 0.03	5.90 ± 0.01	8.90 ± 0.05	6.00 ± 0.00
16	8.57 ± 0.03	5.90 ± 0.00	8.65 ± 0.06	5.90 ± 0.01	8.86 ± 0.07	6.10 ± 0.03
18	8.61 ± 0.15	5.85 ± 0.01	8.64 ± 0.08	5.95 ± 0.06	8.89 ± 0.06	6.23 ± 0.05
22	8.61 ± 0.01	5.82 ± 0.01	8.75 ± 0.02	6.05 ± 0.07	8.72 ± 0.07	6.36 ± 0.02
26	8.64 ± 0.13	5.86 ± 0.01	8.75 ± 0.04	6.14 ± 0.02	8.86 ± 0.03	6.45 ± 0.06
30	8.61 ± 0.02	5.87 ± 0.01	8.45 ± 0.45	6.17 ± 0.15	8.84 ± 0.21	6.58 ± 0.01
198	8.76 ± 0.25	7.73 ± 0.01	9.05 ± 0.21	8.01 ± 0.11	8.80 ± 0.08	7.86 ± 0.04
366	8.52 ± 0.17	8.01 ± 0.67	8.47 ± 0.01	8.75 ± 0.26	8.38 ± 0.33	8.81 ± 0.21
534	6.01 ± 0.67	9.00 ± 0.15	4.75 ± 0.23	9.10 ± 0.09	4.63 ± 0.34	9.16 ± 0.09

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 2.4%					
	Sodium chloride 2%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.29 ± 0.12	6.55 ± 0.01	3.22 ± 0.06	6.99 ± 0.00	2.82 ± 0.09	7.48 ± 0.01
1	3.26 ± 0.12	6.51 ± 0.01	3.30 ± 0.09	7.02 ± 0.01	2.65 ± 0.07	7.50 ± 0.01
2	3.52 ± 0.11	6.50 ± 0.02	3.59 ± 0.02	6.98 ± 0.04	2.92 ± 0.02	7.53 ± 0.01
3	3.95 ± 0.06	6.49 ± 0.00	4.00 ± 0.01	6.97 ± 0.04	3.04 ± 0.06	7.55 ± 0.00
4	4.29 ± 0.02	6.51 ± 0.00	4.31 ± 0.08	6.99 ± 0.05	3.18 ± 0.23	7.53 ± 0.01
6	5.42 ± 0.08	6.56 ± 0.01	5.60 ± 0.05	6.98 ± 0.02	3.85 ± 0.20	7.53 ± 0.04
8	6.75 ± 0.16	6.59 ± 0.01	6.79 ± 0.01	6.99 ± 0.04	4.67 ± 0.09	7.48 ± 0.03
10	7.29 ± 0.12	6.47 ± 0.04	7.46 ± 0.04	6.72 ± 0.01	5.49 ± 0.04	7.51 ± 0.01
12	8.24 ± 0.18	6.11 ± 0.01	8.45 ± 0.02	6.14 ± 0.01	5.79 ± 0.14	7.47 ± 0.02
14	8.27 ± 0.10	5.95 ± 0.01	8.39 ± 0.04	5.96 ± 0.01	6.58 ± 0.08	7.39 ± 0.05
16	8.35 ± 0.04	5.90 ± 0.01	8.51 ± 0.05	5.87 ± 0.04	6.96 ± 0.03	7.11 ± 0.01
18	8.24 ± 0.02	5.96 ± 0.01	8.42 ± 0.08	5.85 ± 0.01	7.85 ± 0.08	6.59 ± 0.04
22	8.33 ± 0.11	5.84 ± 0.00	8.51 ± 0.21	5.94 ± 0.05	8.18 ± 0.13	6.16 ± 0.01
26	8.18 ± 0.04	5.81 ± 0.00	8.37 ± 0.13	5.94 ± 0.02	8.31 ± 0.15	6.08 ± 0.00
30	8.46 ± 0.06	5.78 ± 0.01	8.53 ± 0.21	6.13 ± 0.01	8.25 ± 0.25	6.10 ± 0.06
198	8.47 ± 0.01	7.58 ± 0.11	8.26 ± 0.08	7.75 ± 0.09	7.95 ± 0.04	7.74 ± 0.09
366	8.59 ± 0.08	8.20 ± 0.04	8.73 ± 0.17	8.30 ± 0.06	8.40 ± 0.24	8.16 ± 0.06
534	5.26 ± 3.09	8.86 ± 0.09	5.31 ± 0.92	8.84 ± 0.04	7.52 ± 0.72	8.25 ± 0.06

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 โดยแสดงค่าเป็นปริมาณจุลินทรีย์ (log cfu/ml) ต่อชั่วโมง และค่า pH ณ ช่วงเวลาที่ทำการนับเซลล์คือที่เวลา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมง ตามลำดับ

Hour	Sodium lactate 2.4%					
	Sodium chloride 4%					
	pH					
	6.5		7		7.5	
	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH	Log cfu/ml	pH
0	3.14 ± 0.09	6.51 ± 0.02	2.89 ± 0.02	6.94 ± 0.01	3.11 ± 0.05	7.50 ± 0.01
1	3.04 ± 0.06	6.47 ± 0.01	2.83 ± 0.07	6.90 ± 0.00	2.78 ± 0.21	7.48 ± 0.03
2	3.04 ± 0.06	6.52 ± 0.03	2.72 ± 0.03	6.92 ± 0.01	2.77 ± 0.10	7.46 ± 0.01
3	3.00 ± 0.21	6.49 ± 0.02	3.07 ± 0.01	6.86 ± 0.01	2.69 ± 0.14	7.51 ± 0.01
4	2.91 ± 0.12	6.50 ± 0.03	3.04 ± 0.06	6.92 ± 0.01	2.85 ± 0.39	7.53 ± 0.01
6	3.22 ± 0.11	6.50 ± 0.04	3.16 ± 0.23	6.98 ± 0.01	2.69 ± 0.47	7.47 ± 0.00
8	3.46 ± 0.40	6.50 ± 0.03	3.52 ± 0.41	6.99 ± 0.01	3.16 ± 0.07	7.53 ± 0.01
10	4.26 ± 0.06	6.51 ± 0.01	4.18 ± 0.04	6.98 ± 0.01	3.37 ± 0.36	7.44 ± 0.03
12	4.45 ± 0.28	6.49 ± 0.06	4.10 ± 0.14	6.91 ± 0.01	4.09 ± 0.12	7.42 ± 0.01
14	4.96 ± 0.17	6.49 ± 0.03	4.60 ± 0.43	6.94 ± 0.06	4.62 ± 0.22	7.40 ± 0.02
16	5.34 ± 0.11	6.47 ± 0.01	5.83 ± 0.14	6.86 ± 0.06	5.41 ± 0.13	7.32 ± 0.04
18	5.68 ± 0.15	6.42 ± 0.01	6.21 ± 0.48	6.76 ± 0.03	5.91 ± 0.07	7.24 ± 0.07
22	6.89 ± 0.12	6.31 ± 0.04	7.17 ± 0.28	6.31 ± 0.10	6.57 ± 0.07	6.71 ± 0.09
26	7.70 ± 0.05	6.15 ± 0.01	7.81 ± 0.01	6.13 ± 0.01	7.78 ± 0.03	6.21 ± 0.01
30	7.86 ± 0.05	6.01 ± 0.01	7.99 ± 0.00	5.99 ± 0.02	8.00 ± 0.01	6.05 ± 0.01
198	7.96 ± 0.07	6.48 ± 0.30	8.01 ± 0.01	6.98 ± 0.09	7.62 ± 0.14	7.41 ± 0.15
366	7.46 ± 0.09	7.68 ± 0.03	7.14 ± 0.23	7.47 ± 0.58	7.66 ± 0.09	7.53 ± 0.47
534	7.41 ± 0.27	8.09 ± 0.03	6.88 ± 0.73	7.51 ± 0.89	7.80 ± 0.18	8.12 ± 0.01

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำแต่ละซ้ำมีข้อมูลจากการทดลอง 2 ค่า

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อจุลินทรีย์เจริญอยู่ในช่วง lag phase ค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งได้รับการปรับค่าตามสภาวะในการทดลองแล้ว จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ต่อมาเมื่อเชื้อเริ่มเพิ่มจำนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือเจริญเข้าสู่ระยะ exponential phase พบว่าค่า pH มีค่าลดต่ำลงจนเข้าใกล้ pH 5 และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเชื้อเริ่มเข้าสู่ช่วง stationary phase และณ จุดเวลาสุดท้ายที่ทำการนับเชื้อ ค่า pH ที่วัดได้จะมากกว่า 7 ขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับ Jones และ Jones (1995) กล่าวว่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อจะเปลี่ยนแปลงไประหว่างการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยทิศทางของการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์และสารอาหารหลักที่ถูกใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม เนื่องจากในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth ประ กอบด้วยกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งอาหารของเชื้อ *Salmonella* ดังนั้นเชื้อจึงทำการใช้คาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดกรดขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อลดลง และต่อมา pH มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเชื้อใช้กรดอะมิโนในกระบวนการ carboxylation จึงทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น (Schiemann, 1995)

4.3.2 การคำนวณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ A, C, B, M, Generation time, K, D, L และค่า D – Value

จากการทดลองการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 จากตารางที่ 4.6 ค่าจำนวนเชื้อที่นับได้ (log cfu/ml) ทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ log initial cell population (A), log maximum cell population - log initial cell population (C), growth rate at M (B) และ time,when growth rate reach maximum (M) ด้วยสมการ Gompertz equation ต่อมาจึงนำค่า A, C, B และ M มาทำการคำนวณค่า maximum cell population (D), maximum growth rate (K) และ lag-phase duration (L) จากสมการความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ A, C, B และ M และคำนวณค่า generation time จากค่าพารามิเตอร์ B และ C ได้ค่าพารามิเตอร์ A, C, B, M, generation time, K, D และ L ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.7

จากข้อมูลการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ในตารางที่ 4.6 พบว่าบางหน่วยทดลองเกิดช่วง dead phase ขึ้นจึงคำนวณค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % (D – Value) ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาโซเดียมแลกเทต, โซเดียมคลอไรด์ และค่าสภาวะกรด-เบส (pH) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375

Sl/NaCl/pH	A	B	C	M	Gt	D	K	L	D-Value
0/0/6.5	3.18 ± 0.15	0.45 ± 0.03	5.60 ± 0.17	3.53 ± 0.00	0.32 ± 0.01	8.79 ± 0.02	0.93 ± 0.03	1.31 ± 0.13	349.22 ± 148.95
0/0/7.0	3.11 ± 0.12	0.46 ± 0.01	5.81 ± 0.10	3.36 ± 0.04	0.31 ± 0.00	8.91 ± 0.02	0.97 ± 0.01	1.16 ± 0.10	155.12 ± 5.10
0/0/7.5	3.35 ± 0.11	0.52 ± 0.03	5.71 ± 0.10	3.39 ± 0.15	0.28 ± 0.01	9.06 ± 0.01	1.09 ± 0.04	1.46 ± 0.24	563.73 ± 381.28
0/2/6.5	3.15 ± 0.05	0.39 ± 0.06	5.37 ± 0.30	4.11 ± 0.19	0.39 ± 0.04	8.52 ± 0.34	0.77 ± 0.07	1.53 ± 0.18	309.52 ± 33.67
0/2/7.0	3.17 ± 0.12	0.39 ± 0.00	5.76 ± 0.15	4.13 ± 0.18	0.37 ± 0.01	8.93 ± 0.03	0.82 ± 0.02	1.55 ± 0.18	317.54 ± 7.13
0/2/7.5	3.16 ± 0.01	0.41 ± 0.02	5.83 ± 0.03	4.23 ± 0.06	0.35 ± 0.01	8.99 ± 0.04	0.87 ± 0.03	1.77 ± 0.03	738.10 ± 370.39
0/4/6.5	2.94 ± 0.05	0.28 ± 0.04	5.63 ± 0.17	7.85 ± 0.17	0.54 ± 0.07	8.57 ± 0.12	0.57 ± 0.07	4.16 ± 0.76	982.14 ± 378.81
0/4/7.0	3.01 ± 0.06	0.27 ± 0.00	5.75 ± 0.07	7.98 ± 0.46	0.53 ± 0.01	8.76 ± 0.01	0.57 ± 0.01	4.26 ± 0.47	455.41 ± 187.85
0/4/7.5	3.30 ± 0.05	0.28 ± 0.00	5.69 ± 0.01	8.05 ± 0.26	0.51 ± 0.01	8.99 ± 0.04	0.59 ± 0.01	4.51 ± 0.31	446.43 ± 42.09
1.2/0/6.5	3.18 ± 0.04	0.39 ± 0.02	5.59 ± 0.05	3.90 ± 0.06	0.38 ± 0.02	8.77 ± 0.01	0.80 ± 0.04	1.32 ± 0.22	87.82 ± 9.22
1.2/0/7.0	3.17 ± 0.06	0.43 ± 0.02	5.73 ± 0.08	3.72 ± 0.03	0.33 ± 0.01	8.90 ± 0.02	0.91 ± 0.02	1.40 ± 0.12	74.69 ± 3.15
1.2/0/7.5	3.19 ± 0.11	0.49 ± 0.04	5.82 ± 0.13	3.58 ± 0.14	0.29 ± 0.02	9.01 ± 0.02	1.04 ± 0.05	1.51 ± 0.29	77.64 ± 4.26
1.2/2/6.5	3.09 ± 0.08	0.34 ± 0.03	5.62 ± 0.15	5.48 ± 0.06	0.43 ± 0.03	8.71 ± 0.08	0.70 ± 0.05	2.53 ± 0.34	400.00 ± 0.00
1.2/2/7.0	3.00 ± 0.15	0.34 ± 0.03	5.83 ± 0.19	5.28 ± 0.03	0.42 ± 0.02	8.83 ± 0.04	0.72 ± 0.04	2.28 ± 0.29	153.57 ± 44.71
1.2/2/7.5	3.24 ± 0.10	0.42 ± 0.01	5.78 ± 0.14	5.36 ± 0.11	0.34 ± 0.00	9.02 ± 0.04	0.88 ± 0.01	2.96 ± 0.18	184.51 ± 39.96
1.2/4/6.5	3.11 ± 0.05	0.24 ± 0.01	5.34 ± 0.02	8.42 ± 0.50	0.64 ± 0.03	8.46 ± 0.07	0.47 ± 0.02	4.22 ± 0.68	690.48 ± 33.67
1.2/4/7.0	3.05 ± 0.05	0.22 ± 0.01	5.68 ± 0.07	9.01 ± 0.06	0.66 ± 0.03	8.74 ± 0.02	0.46 ± 0.02	4.46 ± 0.29	394.47 ± 326.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ผลการศึกษาโซเดียมแลกเทต, โซเดียมคลอไรด์ และค่าสภาวะกรด-เบส (pH) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375

Sl/NaCl/pH	A	B	C	M	Gt	D	K	L	D-Value
1.2/4/7.5	2.68 ± 0.06	0.13 ± 0.01	6.40 ± 0.01	15.26 ± 0.64	0.98 ± 0.06	9.09 ± 0.05	0.31 ± 0.02	7.58 ± 1.12	4166.67 ± 1178.51
2.4/0/6.5	3.19 ± 0.12	0.43 ± 0.01	5.48 ± 0.22	3.62 ± 0.10	0.35 ± 0.00	8.67 ± 0.10	0.87 ± 0.01	1.30 ± 0.18	132.35 ± 20.80
2.4/0/7.0	3.23 ± 0.03	0.46 ± 0.01	5.56 ± 0.10	3.65 ± 0.03	0.32 ± 0.00	8.78 ± 0.08	0.95 ± 0.01	1.49 ± 0.06	83.68 ± 0.50
2.4/0/7.5	3.23 ± 0.00	0.45 ± 0.01	5.66 ± 0.03	3.73 ± 0.01	0.32 ± 0.00	8.90 ± 0.03	0.93 ± 0.00	1.50 ± 0.04	69.24 ± 31.83
2.4/2/6.5	3.30 ± 0.06	0.35 ± 0.01	5.13 ± 0.02	5.45 ± 0.20	0.46 ± 0.01	8.43 ± 0.04	0.66 ± 0.02	2.57 ± 0.13	101.52 ± 92.14
2.4/2/7.0	3.30 ± 0.04	0.35 ± 0.01	5.24 ± 0.06	5.33 ± 0.10	0.44 ± 0.01	8.54 ± 0.02	0.68 ± 0.01	2.50 ± 0.18	60.90 ± 19.42
2.4/2/7.5	2.72 ± 0.09	0.20 ± 0.02	5.62 ± 0.21	8.55 ± 0.20	0.75 ± 0.04	8.34 ± 0.11	0.41 ± 0.02	3.43 ± 0.68	563.29 ± 617.60
2.4/4/6.5	3.02 ± 0.00	0.15 ± 0.01	5.16 ± 0.10	13.85 ± 0.19	1.08 ± 0.05	8.18 ± 0.10	0.28 ± 0.01	7.07 ± 0.23	863.10 ± 547.17
2.4/4/7.0	2.93 ± 0.00	0.17 ± 0.02	5.30 ± 0.07	13.55 ± 0.31	0.92 ± 0.08	8.23 ± 0.07	0.33 ± 0.03	7.58 ± 0.94	423.61 ± 284.81
2.4/4/7.5	2.82 ± 0.01	0.20 ± 0.00	5.01 ± 0.05	13.95 ± 0.06	0.83 ± 0.00	7.83 ± 0.04	0.36 ± 0.00	8.86 ± 0.09	0.00 ± 0.00

หมายเหตุ: -ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.3 การศึกษาระดับปัจจัยที่มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ A, C, B, M, Generation time, K, D, L และค่า D – Value

เนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อในแต่ละสภาวะมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นจึงนำค่าจำนวนจุลินทรีย์ที่ได้มาทำการคำนวณแบบ 3^3 factorial in CRD เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างจากระดับปัจจัยซึ่งมีอิทธิพลต่อพารามิเตอร์การเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างของระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญเติบโต (lag phase duration (L)), อัตราการ เจริญเติบโตสูงสุด (maximum growth rate (K)), ปริมาณเซลล์สูงสุด (maximum cell population (D)), ระยะเวลาในการแบ่งตัว (generation time) และ ค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือค่าเวลาที่ทำให้เชื้อลดลง 90% (D-Value) จากค่าเฉลี่ยของแต่ละระดับปัจจัย

ปัจจัยและระดับปัจจัย	Generation time (h)	D (log cfu/ml)	K (log cfu/ml/h)	L (h)	D-Value (h)
SL 0%	0.40^{a}	8.84^{b}	0.80^{c}	2.41^{a}	479.69^{b}
SL 1.2%	0.50^{b}	8.84^{b}	0.70^{b}	3.14^{b}	692.20^{b}
SL 2.4%	0.61^{c}	8.43^{a}	0.61^{a}	4.03^{c}	255.30^{a}
NaCl 0%	0.32^{a}	8.86^{c}	0.94^{c}	1.38^{a}	177.06^{a}
NaCl 2%	0.44^{b}	8.70^{b}	0.72^{b}	2.35^{b}	314.36^{a}
NaCl 4%	0.74^{c}	8.54^{a}	0.44^{a}	5.86^{c}	935.81^{b}
pH 6.5	0.51^{b}	8.57^{a}	0.67^{a}	2.89^{a}	435.13^{a}
pH 7.0	0.48^{a}	8.74^{b}	0.71^{b}	2.96^{a}	235.44^{a}
pH 7.5	0.52^{b}	8.80^{c}	0.72^{b}	3.73^{b}	756.62^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b และ c แทนความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ของแต่ละระดับเฉพาะปัจจัยเดียวกันอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ 95% โดยตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ของแต่ละระดับเฉพาะปัจจัยเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ 95 %

SL หมายถึงโซเดียมแลกเทต

จากตารางที่ 4.8 พบว่าโซเดียมแลกเทตที่ 2.4% ทำให้ค่า generation time มีค่ามากที่สุด แสดงว่าที่ความเข้มข้นนี้ทำให้เชื้อ *Salmonella* ใช้เวลาในการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 นานที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขณะที่โซเดียมแลกเทต 1.2 และ 0% มีค่า generation time น้อยลงมาตามลำดับ เช่นเดียวกับค่า L ที่พบว่าโซเดียมแลกเทตที่ 2.4% มีผลให้ระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญเติบโต (L) นานที่สุด และโซเดียมแลกเทต 1.2 และ 0% ให้ผลต่อค่า L รองลงมาตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Miller (1999) ซึ่งกล่าวว่า โซเดียมแลกเทตจะเพิ่มช่วงแลคเฟส (lag-phase) และทำให้การเจริญเติบโตในช่วง 1 log cycle ยาวนานขึ้น และเนื่องจากการแบ่งตัวของเชื้อ *Salmonella* ที่โซเดียมแลกเทต 2.4% ใช้เวลานานที่สุดจึงทำให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (K) มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่โซเดียมแลกเทต 1.2 และ0% มีค่า K เพิ่มขึ้นตามลำดับ และพบว่าที่โซเดียมแลกเทต 2.4 % มีปริมาณเซลล์สูงสุด (D) ต่ำที่สุด โดยโซเดียมแลกเทตที่ 1.2 และ 0% ให้ผลต่อค่า D เท่ากันคือมีปริมาณเซลล์สูงสุดเท่ากันโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % แสดงว่าโซเดียมแลกเทตที่ 2.4 % มีผลต่อจำนวนเซลล์สูงสุด(D) มากที่สุดโดยทำให้จำนวนเซลล์สูงสุดต่ำ ขณะที่โซเดียมแลกเทต 1.2 %ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเซลล์สูงสุด (D) เมื่อเทียบกับโซเดียมแลกเทตที่ 0 % งานวิจัยของ Juneja และคณะ (2003) ซึ่งได้ทำการทดลองหาค่า 6.5 lethality ของเชื้อ *Salmonella* spp.ในเนื้อหมูบดที่อุณหภูมิระหว่าง 55 ถึง 71.1 องศาเซลเซียส โดยจากข้อมูลของการทดลองที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมแลกเทตเพิ่มขึ้นจาก 0 % เป็น 4.5 % ค่า 6.5 lethality จะนานขึ้น แต่จากการทดลองนี้พบว่าที่โซเดียมแลกเทต 2.4 % ทำให้ค่า D-Value น้อยที่สุด แสดงว่าเวลาในการทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle (D-Value) เร็วที่สุด โดยโซเดียมแลกเทตที่ 1.2 และ 0% ให้ผลต่อค่า D-Value เท่ากันคือเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % นานเท่ากันโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % แสดงว่าโซเดียมแลกเทตที่ 2.4 % มีผลต่อเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 %(D – Value) มากที่สุดโดยทำให้เวลาลดลงขณะที่โซเดียมแลกเทต 1.2 %ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 %(D – Value) เมื่อเทียบกับโซเดียมแลกเทตที่ 0 %

จากการศึกษาตารางที่ 4.8 พบว่าโซเดียมคลอไรด์ที่ 4% ทำให้ค่า generation time มีค่ามากที่สุดแสดงว่าที่ความเข้มข้นนี้ทำให้เชื้อ *Salmonella* ใช้เวลาในการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 นานที่สุด ขณะที่โซเดียมคลอไรด์ 2 และ 0% มีค่า generation time น้อยลงมาตามลำดับ เช่นเดียวกับค่า L ที่พบว่าโซเดียมคลอไรด์ที่ 4% มีผลให้ระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญเติบโต (L) นานที่สุด และโซเดียมคลอไรด์ 2 และ 0% ให้ผลต่อค่า L รองลงมาตามลำดับ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากการลดลงของค่า a_w ในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเมื่อเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่าภายในเซลล์ น้ำภายในเซลล์จะไหลออกจากเซลล์ไปยังภายนอกที่มีความเข้มข้นมากกว่า ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์หดตัวจากผนังเซลล์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกยับยั้ง (Tortura *et al*., 1998) ดังนั้นที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 4% จึงน่าจะไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Salmonella เมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่ 0 % จึงทำให้เวลาในการแบ่งตัวนานที่สุด และเนื่องจากการแบ่งตัวของเชื้อ *Salmonella* ที่โซเดียมคลอไรด์ 4% ใช้เวลานานที่สุดจึงทำให้ค่าอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (K) มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่โซเดียมคลอไรด์ 2 และ0% มีค่า K เพิ่มขึ้นตามลำดับ และพบว่าที่โซเดียมคลอไรด์ 4 % มีปริมาณเซลล์สูงสุด (D) ต่ำที่สุด โดยโซเดียมคลอไรด์ ที่ 2 และ 0% ให้ผลต่อค่า D เพิ่มขึ้นตามลำดับ คือมีปริมาณเซลล์สูงสุดเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ต่ำลง แสดงว่าโซเดียมคลอไรด์ ที่ 4 % มีผลต่อจำนวนเซลล์สูงสุด (D) มากที่สุดโดยทำให้จำนวนเซลล์สูงสุดต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับโซเดียมคลอไรด์ ที่ 2 และ 0 % ตามลำดับ และพบว่าที่โซเดียมคลอไรด์ 4 % ทำให้ค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 %(D – Value) มากที่สุด แสดงว่าเวลาในการทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle (D-Value) นานที่สุด ในขณะที่โซเดียมคลอไรด์ที่ 2 และ 0% ให้ผลต่อค่า D-Value เท่ากันคือเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % เร็วเท่ากันโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % แสดงว่าโซเดียมคลอไรด์ที่ 4 % มีผลต่อเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % (D – Value) มากที่สุดโดยทำให้เวลานานขึ้น ขณะที่โซเดียมคลอไรด์ 2 %ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % (D – Value) เมื่อเทียบกับโซเดียมคลอไรด์ ที่ 0 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Juneja และคณะ (2003) ซึ่งได้ทำการทดลองหาค่า 6.5 lethality ของเชื้อ *Salmonella* spp.ในเนื้อหมูบดที่อุณหภูมิระหว่าง 55 ถึง 71.1 องศาเซลเซียส โดยจากข้อมูลของการทดลองที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจาก 0 % เป็น 4.5 % ค่า 6.5 lethality จะนานขึ้น

จากตารางที่ 4.8 พบว่าค่า pH ที่ 7.5 และ6.5 ทำให้ค่า generation time มีค่ามากที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % แสดงว่าค่า pH ที่ 7.5 และ6.5 ทำให้เชื้อ *Salmonella* ใช้เวลาในการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 นานที่สุด ขณะที่ค่า pH 7.0 ทำให้ค่า generation time น้อยที่สุด และพบว่าค่า pH ที่ 7.5 มีผลให้ระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญเติบโตของเชื้อ (L) ยาวนานที่สุด โดยที่ค่า pH ที่ 6.5 และ 7.0 ทำให้ค่า L มีค่าน้อยเท่ากันโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % แสดงว่าค่า pH ที่ 7.5 มีผลต่อระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญเติบโตของเชื้อมากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า pH ที่ 6.5 และ 7.0 จากผลของระดับค่า pH กับอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (K) พบว่าค่า pH ที่ 6.5 มีอัตราการเจริญต่ำที่สุดโดยมีค่า K น้อยที่สุด ขณะที่ค่า pH 7.0 และ 7.5 ทำให้อัตราการเจริญเท่ากัน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากในสภาวะที่ค่า pH ต่ำ จะปล่อยโปรตอนออกมาทำให้ค่า pH ภายในเซลล์ลดลง ดังนั้นเซลล์จุลินทรีย์จึงแบ่งพลังงานบางส่วนเพื่อกำจัดโปรตอนออกจากเซลล์ ทำให้พลังงานจลน์ในการเจริญเติบโตช้าลง (Cassio, 1987; Ten Brink, 1980; Ten Brink, 1985) และพบว่าค่า pH ที่ 6.5 มีผลทำให้ปริมาณเซลล์สูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(D) ต่ำที่สุด ขณะที่ค่า pH ที่ 7.0 และ 7.5 ทำให้ค่า D มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ แสดงว่าค่า pH ที่ 6.5 มีผลต่อจำนวนเซลล์สูงสุด (D) มากที่สุดโดยทำให้จำนวนเซลล์สูงสุดต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับค่า pH ที่ 7.0 และ 7.5 ตามลำดับ และพบว่าค่า pH ที่ 7.5 ทำให้ค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 %(D – Value) มากที่สุด แสดงว่าเวลาในการทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle (D-Value) นานที่สุด ในขณะที่ pH ที่ 6.5 และ 7.0 ให้ผลต่อค่า D-Value เท่ากันคือเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % เร็วเท่ากันโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95 % แสดงว่าค่า pH ที่ 7.5 มีผลต่อเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % (D – Value) มากที่สุดโดยทำให้เวลานานขึ้น ขณะที่ค่า pH ที่ 7.0 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเวลาที่ทำให้จุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle หรือลดลง 90 % (D – Value) เมื่อเทียบกับค่า pH ที่ 6.5

4.3.4 การสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับค่าพารามิเตอร์ Generation time, D, K และ L

4.3.4.1 การสร้างสมการ polynomial equation จากการใช้ค่า coded และค่าจริงของตัวแปรอิสระ

นำค่าพารามิเตอร์ Generation time, D, K และ L และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมาคำนวณเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์และปัจจัย โดยการสร้าง polynomial equation ในโปรแกรม SPSS เนื่องจากระดับปัจจัยในการทดลองมีความไม่สม่ำเสมอกัน หรือมีระยะห่างไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงนำระดับปัจจัยไปดำเนินการ coded เพื่อทำการปรับช่วงระยะห่างของแต่ละระดับให้เท่ากัน โดยให้ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยเป็น +1 ค่าที่ระดับกลางเป็น 0 และค่าที่ระดับต่ำเป็น -1

ตารางที่ 4.9 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ที่ระดับ -1 ถึง +1

ปัจจัยที่ศึกษา	-1	0	1
โซเดียมแลกเทต (%w/v)	0	1.2	2.4
โซเดียมคลอไรด์ (%w/v)	0	2	4
สภาวะกรด-เบส (pH)	6.5	7.0	7.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Generation time กับโซเดียมแลกเทต โซเดียมคลอไรด์ และ pH ที่เป็นปัจจัยในการทดลอง (coded)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	.408	.033		12.357	.000
	SL	.104	.015	.379	6.825	.000
	NACL	.210	.015	.765	13.760	.000
	PH	.004	.015	.015	.261	.795
	SL2	.008	.026	.017	.303	.763
	NACL2	.096	.026	.201	3.621	.001
	PH2	.034	.026	.072	1.296	.202
	SL_NACL	.098	.019	.291	5.234	.000
	SL_PH	.011	.019	.034	.613	.543
	NACL_PH	.019	.019	.056	1.013	.317

a. Dependent Variable: GEN

จากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square ของสมการ Generation time มีค่าเท่ากับ 0.864 เนื่องจากค่า R Square ยิ่งมีค่าสูงเท่าใด ความแม่นยำของการนำสมการไปใช้เพื่อการทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากยิ่งขึ้น (อิศรพงษ์, 2544) ซึ่งโดยทั่วไป สมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R Square อย่างน้อย 0.75 (Haaland, 1989; Hu, 1999) ดังนั้นสมการนี้จึงน่าจะสามารถเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

จากตาราง ANOVA พบว่าการทดสอบสมมุติฐานของการถดถอย (regression) มีค่า sig เท่ากับ 0.000 หรือมีค่า p น้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จึงยอมรับสมมุติฐาน H_1 ซึ่งระบุว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปร x ของเส้นตรงอย่างน้อย 1 ค่า ที่ไม่เท่ากับ 0

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Coded:

$$\text{Generation time} = 0.408 + 0.104\ \underline{SL} + 0.210\ \underline{NaCl} + 0.004\ pH + 0.008\ SL^2 + 0.096\ \underline{NaCl}^2 + 0.034\ pH^2 + 0.098\ \underline{SL_NaCl} + 0.011\ SL_pH + 0.019\ NaCl_pH$$

หมายเหตุ: พารามิเตอร์ที่ขีดเส้นใต้มีอิทธิพลต่อค่า Generation time ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากอิศรพงษ์ (2544) กล่าวว่า ตัวแปรใดมีสัมประสิทธิ์มากกว่าจะมีอิทธิพลสูงกว่า (ไม่พิจารณาเครื่องหมาย) และค่า P (sig) ยิ่งน้อยยิ่งมีอิทธิพลมากขึ้น ดังนั้นจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่า P (sig) ของตัวแปร พบว่าโซเดียมคลอไรด์น่าจะมีอิทธิพลต่อค่า Generation time มากที่สุดและมีอิทธิพลทางบวก (สัมประสิทธิ์เป็นบวก) โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกัน

จากการสร้างสมการ coded พบว่าตัวแปรอิสระ (x) และตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณาค่า sig จากตาราง ANOVA และตาราง coefficient ดังนั้นจึงทำการสร้างสมการ polynomial equation โดยใช้ค่าระดับจริงของแต่ละปัจจัยในการทดลองลงไปในโปรแกรม SPSS พบว่าจากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square มีค่าเท่ากับ 0.864 ซึ่งเท่ากับค่าจากสมการ coded แสดงว่าสมการน่าจะมีความสามารถในการทำนายค่า Generation time เท่ากับสมการ coded และไม่มีการรบกวนจาก error อื่น จึงทำให้ค่า R Square จากทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Natural:

$$\text{Generation time} = 7.389 - 0.142\,SL - 0.172\,NaCl - 1.974\,pH + 0.006\,SL^2 + 0.024\,NaCl^2 + 0.137\,pH^2 + 0.041\,SL_NaCl + 0.019\,SL_pH + 0.019\,NaCl_pH$$

ดังนั้นจึงนำสมการธรรมชาติที่ได้จากค่าจริงไปใช้ในการแทนค่าระดับปัจจัยจริงในการทำนายได้ แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบความมีอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อค่า Generation time ได้อย่างแม่นยำเท่าการพิจารณาจากสมการ coded เพราะเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ช่วงของแต่ละปัจจัยหรือตัวแปรอิสระที่แตกต่างกัน คือช่วงของโซเดียมแลกเทตห่างกัน 1.2 แต่ช่วงของโซเดียมคลอไรด์ห่างกัน 2 ขณะที่ช่วงของค่าสภาวะกรด-เบส (pH) ห่างกัน 0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับโซเดียมแลกเทต โซเดียมคลอไรด์ และ pH ที่เป็นปัจจัยในการทดลอง (coded)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	8.870	.051		174.236	.000
	SL	-.201	.024	-.535	-8.538	.000
	NACL	-.164	.024	-.436	-6.954	.000
	PH	.117	.024	.311	4.970	.000
	SL2	-.201	.041	-.309	-4.932	.000
	NACL2	-.001	.041	-.001	-.013	.990
	PH2	-.052	.041	-.079	-1.267	.212
	SL_NACL	-.139	.029	-.301	-4.807	.000
	SL_PH	-.114	.029	-.248	-3.955	.000
	NACL_PH	-.004	.029	-.010	-.154	.878

a. Dependent Variable: D

จากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square ของสมการค่า D มีค่าเท่ากับ 0.827 เนื่องจากค่า R Square ยิ่งมีค่าสูงเท่าใด ความแม่นยำของการนำสมการไปใช้เพื่อการทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากยิ่งขึ้น (อิสรพงษ์, 2544) ซึ่งโดยทั่วไป สมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R Square อย่างน้อย 0.75 (Haaland, 1989; Hu, 1999) ดังนั้นสมการนี้จึงน่าจะสามารถเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

จากตาราง ANOVA พบว่าการทดสอบสมมุติฐานของการถดถอย (regression) มีค่า sig เท่ากับ 0.000 หรือมีค่า p น้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จึงยอมรับสมมุติฐาน H_1 ซึ่งระบุว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปร x ของเส้นตรงอย่างน้อย 1 ค่า ที่ไม่เท่ากับ 0

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Coded:

$D = 8.870 - 0.201\ SL - 0.164\ NaCl + 0.117\ pH - 0.201\ SL^2 - 0.01\ NaCl^2 - 0.52\ pH^2 - 0.139\ SL_NaCl - 0.114\ SL_pH - 0.004\ NaCl_pH$

หมายเหตุ: พารามิเตอร์ที่ขีดเส้นใต้มีอิทธิพลต่อค่า D ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากอิศรพงษ์ (2544) กล่าวว่า ตัวแปรใดมีสัมประสิทธิ์มากกว่าจะมีอิทธิพลสูงกว่า (ไม่พิจารณาเครื่องหมาย) และค่า P (sig) ยิ่งน้อยยิ่งมีอิทธิพลมากขึ้น ดังนั้นจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่า P (sig) ของตัวแปร พบว่าโซเดียมแลกเทตน่าจะมีอิทธิพลต่อค่า D มากที่สุด และมีอิทธิพลทางลบ (สัมประสิทธิ์เป็นลบ) โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน

จากการสร้างสมการ coded พบว่าตัวแปรอิสระ (x) และตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณาค่า sig จากตาราง ANOVA และตาราง coefficient ดังนั้นจึงทำการสร้างสมการ polynomial equation โดยใช้ค่าระดับจริงของแต่ละปัจจัยในการทดลองลงไปในโปรแกรม SPSS พบว่าจากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square มีค่าเท่ากับ 0.827 ซึ่งเท่ากับค่าจากสมการ coded แสดงว่าสมการน่าจะมีความสามารถในการทำนายค่า D เท่ากับสมการ coded และไม่มีการรบกวนจาก error อื่น จึงทำให้ค่า R Square จากทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Natural:

$$D = -4.544 + 1.615\ SL + 0.19\ NaCl + 3.368\ pH - 0.140\ SL^2 - 0.0001\ NaCl^2 - 0.257 pH^2 - 0.058\ SL_NaCl - 0.190\ SL_pH - 0.004\ NaCl_pH$$

ดังนั้นจึงนำสมการธรรมชาติที่ได้จากค่าจริงไปใช้ในการแทนค่าระดับปัจจัยจริงในการทำนายได้ แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบความมีอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อค่า D ได้อย่างแม่นยำเท่าการพิจารณาจากสมการ coded เพราะเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ช่วงของแต่ละปัจจัยหรือตัวแปรอิสระที่แตกต่างกัน คือช่วงของโซเดียมแลกเทตห่างกัน 1.2 แต่ช่วงของโซเดียมคลอไรด์ห่างกัน 2 ขณะที่ช่วงของค่าสภาวะกรด-เบส (pH) ห่างกัน 0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K กับโซเดียมแลกเทต โซเดียมคลอไรด์ และ pH ที่เป็นปัจจัยในการทดลอง (coded)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	.731	.027		27.031	.000
	SL	-.096	.013	-.331	-7.687	.000
	NACL	-.253	.013	-.871	-20.226	.000
	PH	.025	.013	.085	1.964	.056
	SL2	.004	.022	.009	.200	.843
	NACL2	-.033	.022	-.065	-1.514	.137
	PH2	-.016	.022	-.031	-.721	.475
	SL_NACL	-.042	.015	-.119	-2.771	.008
	SL_PH	-.033	.015	-.092	-2.135	.038
	NACL_PH	-.043	.015	-.122	-2.836	.007

a. Dependent Variable: K

จากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square ของสมการค่า K มีค่าเท่ากับ 0.918 เนื่องจากค่า R Square ยิ่งมีค่าสูงเท่าใด ความแม่นยำของการนำสมการไปใช้เพื่อการทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากยิ่งขึ้น (อิศรพงษ์, 2544) ซึ่งโดยทั่วไป สมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R Square อย่างน้อย 0.75 (Haaland, 1989; Hu, 1999) ดังนั้นสมการนี้จึงน่าจะสามารถเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

จากตาราง ANOVA พบว่าการทดสอบสมมุติฐานของการถดถอย (regression) มีค่า sig เท่ากับ 0.000 หรือมีค่า p น้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จึงยอมรับสมมุติฐาน H_1 ซึ่งระบุว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปร x ของเส้นตรงอย่างน้อย 1 ค่า ที่ไม่เท่ากับ 0

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Coded :

$$K = 0.731 - 0.096\ \underline{SL} - 0.253\ \underline{NaCl} + 0.025\ pH + 0.004\ SL^2 - 0.033\ NaCl^2 - 0.016\ pH^2 - 0.042\ \underline{SL_NaCl} - 0.033\ SL_pH - 0.043\ \underline{NaCl_pH}$$

หมายเหตุ: พารามิเตอร์ที่ขีดเส้นใต้มีอิทธิพลต่อค่า K ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากอิศรพงษ์ (2544) กล่าวว่า ตัวแปรใดมีสัมประสิทธิ์มากกว่าจะมีอิทธิพลสูงกว่า(ไม่พิจารณาเครื่องหมาย) และค่า P (sig) ยิ่งน้อยยิ่งมีอิทธิพลมากขึ้น ดังนั้นจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่า P (sig) ของตัวแปร พบว่าโซเดียมคลอไรด์น่าจะมีอิทธิพลต่อค่า K มากที่สุด และมีอิทธิพลทางลบ (สัมประสิทธิ์เป็นลบ) โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน

จากการสร้างสมการ coded พบว่าตัวแปรอิสระ (x) และตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณาค่า sig จากตาราง ANOVA และตาราง coefficient ดังนั้นจึงทำการสร้างสมการ polynomial equation โดยใช้ค่าระดับจริงของแต่ละปัจจัยในการทดลองลงไปในโปรแกรม SPSS พบว่าจากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square มีค่าเท่ากับ 0.918 ซึ่งเท่ากับค่าจากสมการ coded แสดงว่าสมการน่าจะมีความสามารถในการทำนายค่า K เท่ากับสมการ coded และไม่มีการรบกวนจาก error อื่น จึงทำให้ค่า R Square จากทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Natural:

$$K = -3.465 + 0.330\ SL + 0.232\ NaCl + 1.077\ pH + 0.003\ SL^2 - 0.008\ NaCl^2 - 0.063\ pH^2 - 0.018\ SL_NaCl - 0.055\ SL_pH - 0.043\ NaCl_pH$$

ดังนั้นจึงนำสมการธรรมชาติที่ได้จากค่าจริงไปใช้ในการแทนค่าระดับปัจจัยจริงในการทำนายได้ แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบความมีอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อค่า K ได้อย่างแม่นยำเท่าการพิจารณาจากสมการ coded เพราะเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ช่วงของแต่ละปัจจัยหรือตัวแปรอิสระที่แตกต่างกัน คือช่วงของโซเดียมแลกเทตห่างกัน 1.2 แต่ช่วงของโซเดียมคลอไรด์ห่างกัน 2 ขณะที่ช่วงของค่าสภาวะกรด-เบส (pH) ห่างกัน 0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L กับโซเดียมแลกเทต โซเดียมคลอไรด์ และ pH ที่เป็นปัจจัยในการทดลอง (coded)

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	2.060	.205		10.031	.000
	SL	.809	.095	.297	8.512	.000
	NACL	2.237	.095	.820	23.531	.000
	PH	.420	.095	.154	4.421	.000
	SL2	.084	.165	.018	.507	.614
	NACL2	1.274	.165	.270	7.740	.000
	PH2	.346	.165	.073	2.102	.041
	SL_NACL	.854	.116	.256	7.333	.000
	SL_PH	.176	.116	.053	1.508	.139
	NACL_PH	.413	.116	.124	3.550	.001

a. Dependent Variable: L

จากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square ของสมการค่า L มีค่าเท่ากับ 0.947 เนื่องจากค่า R Square ยิ่งมีค่าสูงเท่าใด ความแม่นยำของการนำสมการไปใช้เพื่อการทำนายหรือคาดคะเนผลลัพธ์ย่อมมีสูงมากยิ่งขึ้น (อิศรพงษ์, 2544) ซึ่งโดยทั่วไป สมการที่มักนำไปใช้ควรมีค่า R Square อย่างน้อย 0.75 (Haaland, 1989; Hu, 1999) ดังนั้นสมการนี้จึงน่าจะสามารถเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

จากตาราง ANOVA พบว่าการทดสอบสมมุติฐานของการถดถอย (regression) มีค่า sig เท่ากับ 0.000 หรือมีค่า p น้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม จึงยอมรับสมมุติฐาน H_1 ซึ่งระบุว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปร x ของเส้นตรงอย่างน้อย 1 ค่า ที่ไม่เท่ากับ 0

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Coded :

$L = 2.060 + 0.809\ \underline{SL} + 2.237\ \underline{NaCl} + 0.420\ \underline{pH} + 0.084\ SL^2 + 1.274\ \underline{NaCl^2} + 0.346\ \underline{pH^2}$

$+ 0.854\ \underline{SL_NaCl} + 0.176\ SL_pH + 0.413\ \underline{NaCl_pH}$

หมายเหตุ: พารามิเตอร์ที่ขีดเส้นใต้มีอิทธิพลต่อค่า L ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากอิศรพงษ์ (2544) กล่าวว่า ตัวแปรใดมีสัมประสิทธิ์มากกว่าจะมีอิทธิพลสูงกว่า(ไม่พิจารณาเครื่องหมาย) และค่า P (sig) ยิ่งน้อยยิ่งมีอิทธิพลมากขึ้น ดังนั้นจากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่า P (sig) ของตัวแปร แสดงว่า ทุกตัวแปรอิสระมีอิทธิพลทางบวก (สัมประสิทธิ์เป็นบวก) โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกัน และโซเดียมคลอไรด์น่าจะมีอิทธิพลต่อค่า L มากที่สุด

จากการสร้างสมการ coded พบว่าตัวแปรอิสระ (x) และตัวแปรตาม (y) มีความสัมพันธ์กัน เมื่อพิจารณาค่า sig จากตาราง ANOVA และตาราง coefficient ดังนั้นจึงทำการสร้างสมการ polynomial equation โดยใช้ค่าระดับจริงของแต่ละปัจจัยในการทดลองลงไปในโปรแกรม SPSS พบว่าจากการวิเคราะห์ method แบบ enter พบว่าค่า R Square มีค่าเท่ากับ 0.864 ซึ่งเท่ากับค่าจากสมการ coded แสดงว่าสมการน่าจะมีความสามารถในการทำนายค่า L เท่ากับสมการ coded และไม่มีการรบกวนจาก error อื่น จึงทำให้ค่า R Square จากทั้งสองสมการมีค่าเท่ากัน

จากตาราง coefficient สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

Natural:

$$L = 71.398 - 2.224\ SL - 3.476\ NaCl - 19.712\ pH + 0.058\ SL^2 + 0.319\ NaCl^2 + 1.384\ pH^2 + 0.356\ SL_NaCl + 0.293\ SL_pH + 0.413\ NaCl_pH$$

ดังนั้นจึงนำสมการธรรมชาติที่ได้จากค่าจริงไปใช้ในการแทนค่าระดับปัจจัยจริงในการทำนายได้ แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบความมีอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อค่า L ได้อย่างแม่นยำเท่าการพิจารณาจากสมการ coded เพราะเนื่องจากการทดลองนี้ใช้ช่วงของแต่ละปัจจัยหรือตัวแปรอิสระที่แตกต่างกัน คือช่วงของโซเดียมแลกเทตห่างกัน 1.2 แต่ช่วงของโซเดียมคลอไรด์ห่างกัน 2 ขณะที่ช่วงของค่าสภาวะกรด-เบส (pH) ห่างกัน 0.5

4.3.4.2 การทวนสอบจำนวนจุลินทรีย์ต่อเวลาที่ได้จากสมการการทำนาย ด้วยการสร้างกราฟการเจริญเติบโต เทียบกับกราฟการเจริญจากจำนวนเชื้อที่นับได้จากการทดลองจริง

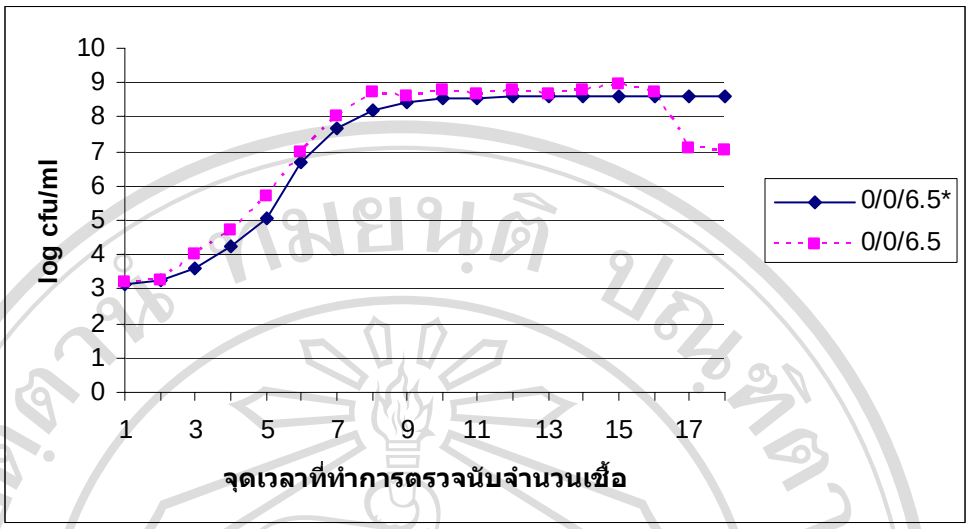
นำสมการ polynomial ของพารามิเตอร์ D, K และ L ที่ได้จากค่าจริง (natural) มาใช้ในการคำนวณย้อนกลับเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสมการทำนายตามค่า R-Square ว่าสามารถทำนายปริมาณเชื้อคลาดเคลื่อนจากค่าจริงอย่างไร (fit curve) เพราะเนื่องจากค่า R-Square ของสมการทำนาย ที่แม้จะมีค่าสูงแต่ค่าก็ไม่ใช่ 0.99 ดังนั้นจึงทำการสร้างกราฟการเจริญเพื่อตรวจสอบการคลาดเคลื่อนที่นี้ หรือทำการตรวจสอบปริมาณเชื้อที่ทำการทำนายกับปริมาณเชื้อจริง มีความแตกต่างกันหรือไม่จากการเทียบกราฟการเจริญเติบโต โดยทำการสมมุติสภาวะที่ใส่ปัจจัยในการทดลองดังนี้คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาวะที่ 1) ที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5
สภาวะที่ 2) ที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 7.0
สภาวะที่ 3) ที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 7.5
สภาวะที่ 4) ที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 2% สภาวะกรด-เบส 6.5
สภาวะที่ 5) ที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 4% สภาวะกรด-เบส 6.5
สภาวะที่ 6) ที่โซเดียมแลกเทต 1.2% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5
สภาวะที่ 7) ที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5
สภาวะที่ 8) ที่โซเดียมแลกเทต 1.2% โซเดียมคลอไรด์ 2% สภาวะกรด-เบส 7.0
สภาวะที่ 9) ที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 2% สภาวะกรด-เบส 7.0
สภาวะที่ 10) ที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 4% สภาวะกรด-เบส 7.5
จำนวนทั้งสิ้น 10 สภาวะ

แทนค่าระดับปัจจัยลงในสมการ polynomial ของพารามิเตอร์ D, K และ L ที่สร้างจากค่าจริง (natural) เมื่อทำการคำนวณจนได้ค่า D, K และ L ของแต่ละสภาวะแล้ว จึงนำค่า D, K และ L มาทำการคำนวณค่า A, C, B และ M จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่า D, K และ L กับ ค่า A, C, B และ M เมื่อได้ค่า A, C, B และ M ของ ณ แต่ละสภาวะจึงทำการคำนวณปริมาณเชื้อที่จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ โดยกำหนดช่วงจุดเวลาคือที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมงตามลำดับ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 18 ช่วงจุดเวลา ทำการคำนวณโดยใช้สมการ Gompertz equation นำปริมาณเชื้อที่ได้จากการทำนาย และค่าที่ได้จากการทดลองจริงมาสร้างกราฟการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

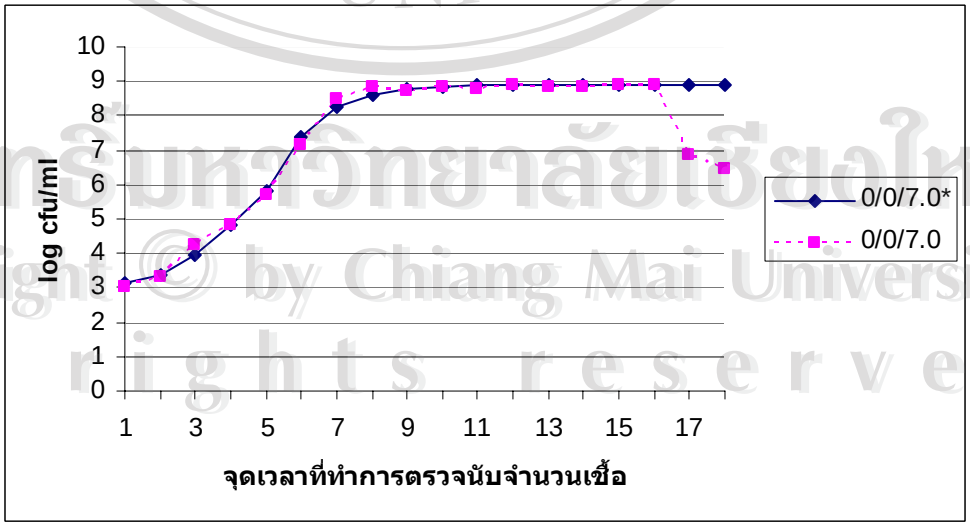


ภาพที่ 4.2 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 1

หมายเหตุ: 0/0/6.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย

0/0/6.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง

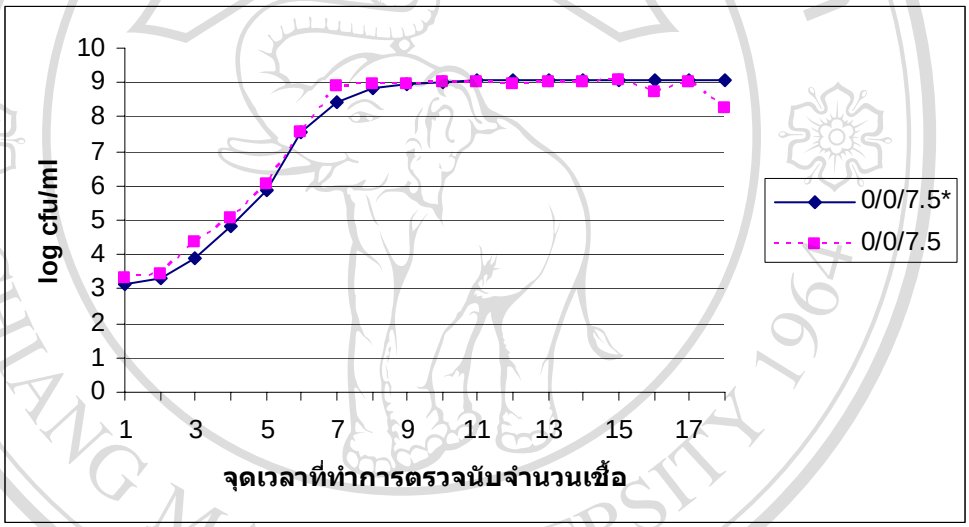
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ



ภาพที่ 4.3 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

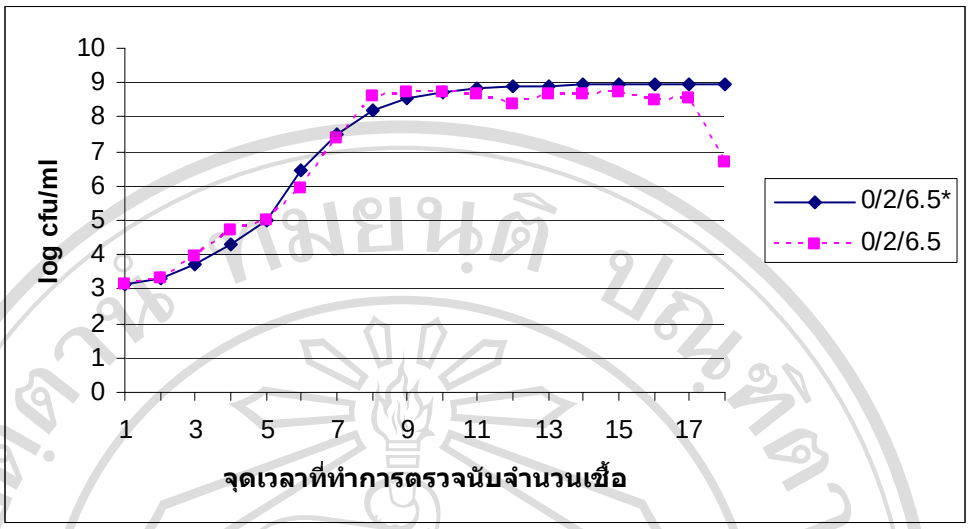
หมายเหตุ: 0/0/7.0* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0%
สภาวะกรด-เบส 7.0 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย
0/0/7.0 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0%
สภาวะกรด-เบส 7.0 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของ
จุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และ
เวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้ง
สิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ



ภาพที่ 4.4 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 3

หมายเหตุ: 0/0/7.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0%
สภาวะกรด-เบส 7.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย
0/0/7.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0%
สภาวะกรด-เบส 7.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของ
จุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และ
เวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้ง
สิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

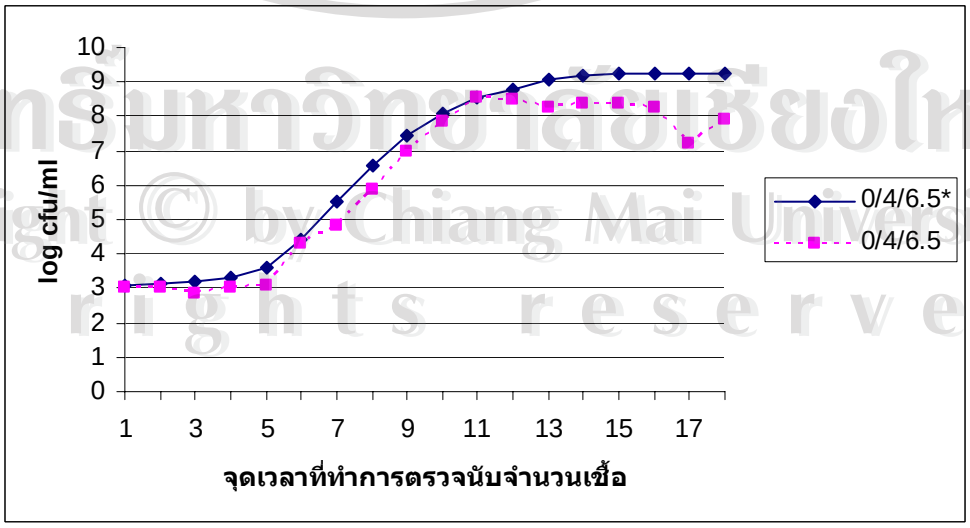


ภาพที่ 4.5 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 4

หมายเหตุ: 0/2/6.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 2% สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย

0/2/6.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 2% สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง

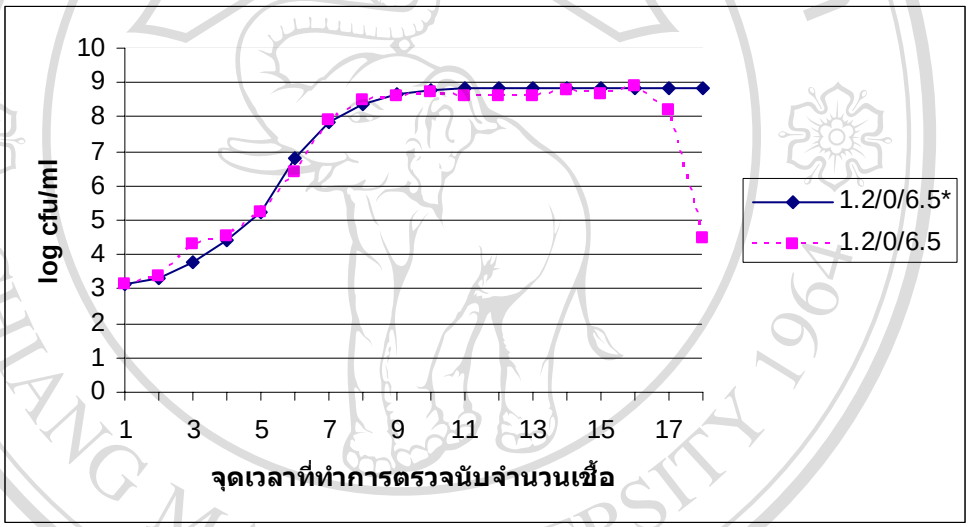
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ



ภาพที่ 4.6 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

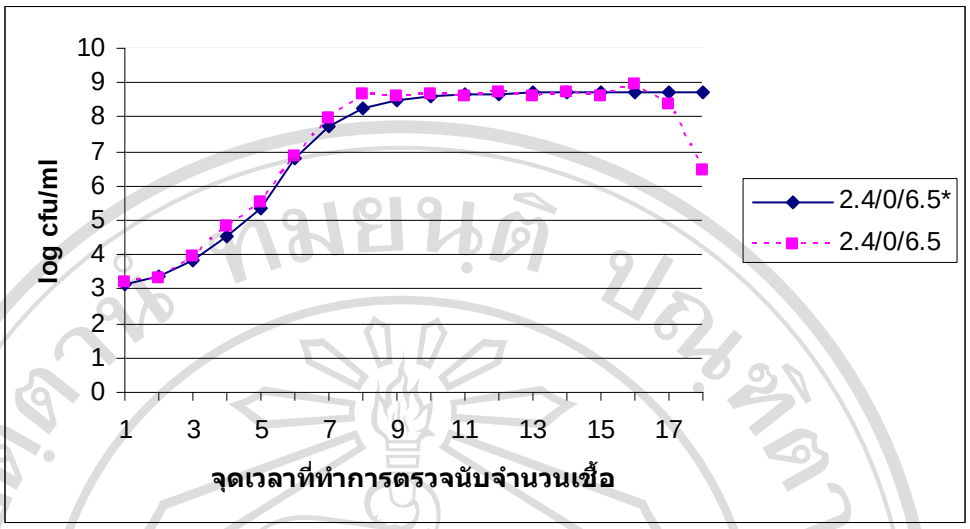
หมายเหตุ: 0/4/6.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 4%
สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย
0/4/6.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 4%
สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ



ภาพที่ 4.7 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 6

หมายเหตุ: 1.2/0/6.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 1.2% โซเดียมคลอไรด์ 0%
สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย
1.2/0/6.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 1.2% โซเดียมคลอไรด์ 0%
สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

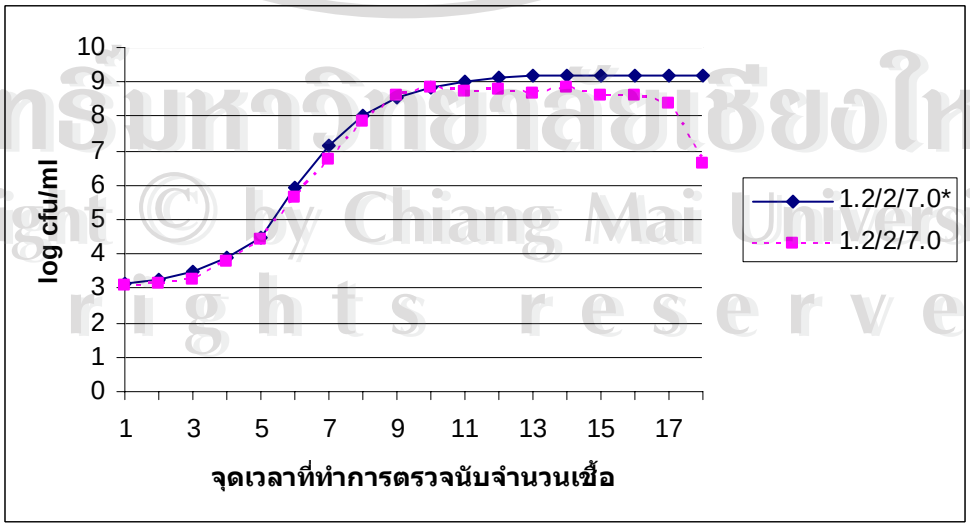


ภาพที่ 4.8 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 7

หมายเหตุ: 2.4/0/6.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย

2.4/0/6.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 0% สภาวะกรด-เบส 6.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง

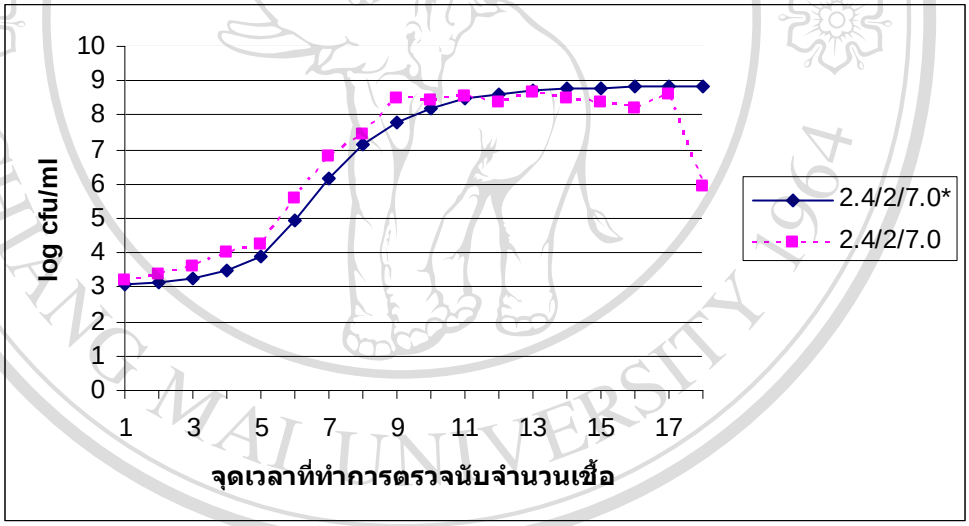
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ



ภาพที่ 4.9 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

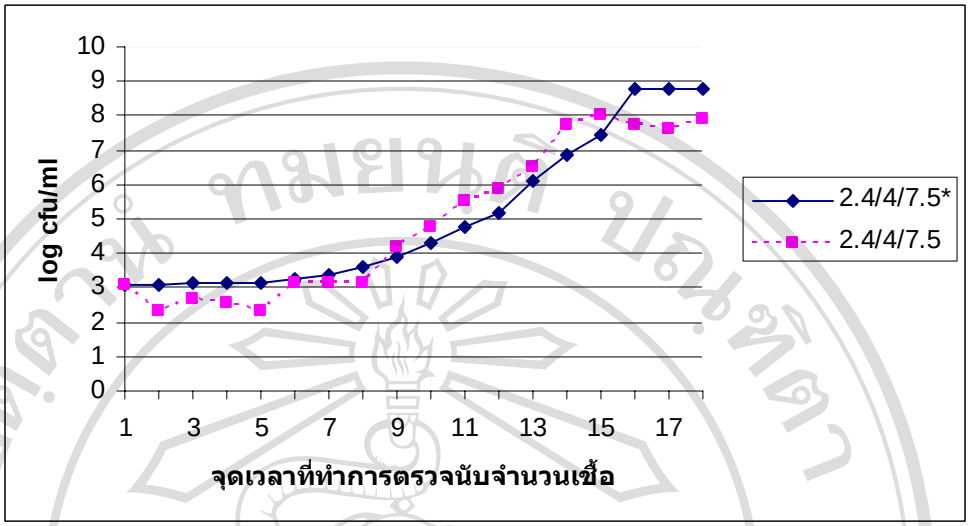
หมายเหตุ: 1.2/2/7.0* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 1.2% โซเดียมคลอไรด์ 2%
สภาวะกรด-เบส 7.0 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย
1.2/2/7.0 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 1.2% โซเดียมคลอไรด์ 2%
สภาวะกรด-เบส 7.0 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ



ภาพที่ 4.10 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 9

หมายเหตุ: 2.4/2/7.0* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 2%
สภาวะกรด-เบส 7.0 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย
2.4/2/7.0 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 2%
สภาวะกรด-เบส 7.0 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง
ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.11 ทดสอบความสามารถในการ fit curve ของสมการทำนายที่สภาวะที่ 10

หมายเหตุ: 2.4/4/7.5* หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 4% สภาวะกรด-เบส 7.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทำนาย

2.4/4/7.5 หมายถึง จำนวนเชื้อที่โซเดียมแลกเทต 2.4% โซเดียมคลอไรด์ 4% สภาวะกรด-เบส 7.5 ซึ่งเป็นค่าจากการทดลองจริง

ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และเวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ

จากภาพที่ 4.2 ถึงภาพที่ 4.11 พบว่าเส้นกราฟการเจริญเติบโตของจำนวนจุลินทรีย์ที่มาจากการทำนาย ไม่มีช่วง dead phase ดังนั้นจึงอาจจะไม่สามารถทำนายจำนวนเชื้อในช่วง dead phase ได้ และพบว่าช่วง stationary phase ของบางสภาวะมีจำนวนเชื้อสูงเกินค่าจริงจากการทดลอง ในขณะที่ช่วง lag phase และ exponential phase เส้นกราฟการเจริญมีความใกล้เคียงเส้นกราฟการเจริญที่ได้จากการทดลองจริง ซึ่งสอดคล้องกับค่า R-square ของสมการการทำนายปริมาณเซลล์สูงสุด (D), อัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (K) และระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญ (L) ที่มีค่า 0.827, 0.918 และ 0.947 ตามลำดับ โดยค่า R-square ของสมการการทำนายระยะเวลาช่วงแรกของการเจริญ (L) มีค่ามากที่สุด ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและค่า L จึงมีความสัมพันธ์กันสูงทำให้ความแม่นยำของการทำนายมีมากกว่าเมื่อเทียบกับสมการการทำนายอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (K) และปริมาณเซลล์สูงสุด (D) ซึ่งมีค่า R-square ของสมการต่ำกว่าตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากค่า R-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

square ของสมการการทำนายซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.99 แสดงว่าน่าจะเกิดจากค่าจำนวนเชื้อที่ทำนายได้กับค่าจำนวนเชื้อที่ได้จากการทดลองมีความแตกต่างกัน จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น และความคลาดเคลื่อนนี้ส่งผลต่อค่า R-square ทำให้ค่า R-square มีค่าน้อยกว่า 0.99

4.3.4.3 การเปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำการคำนวณได้จากสมการการทำนาย 2 ลักษณะคือติดค่า ln และไม่ติดค่า ln

สมการการทำนายปริมาณเชื้อมี 2 ลักษณะดังนี้คือ

ลักษณะที่ 1 รูปแบบสมการที่ค่าพารามิเตอร์ D, K และ L ไม่ติดค่า ln

$$D = -4.544 + 1.615\ SL + 0.19\ NaCl + 3.368\ pH - 0.140\ SL^2 - 0.0001\ NaCl^2 - 0.257pH^2 - 0.058\ SL_NaCl - 0.190\ SL_pH - 0.004\ NaCl_pH$$

$$K = -3.465 + 0.330\ SL + 0.232\ NaCl + 1.077\ pH + 0.003\ SL^2 - 0.008\ NaCl^2 - 0.063\ pH^2 - 0.018\ SL_NaCl - 0.055\ SL_pH - 0.043\ NaCl_pH$$

$$L = 71.398 - 2.224\ SL - 3.476\ NaCl - 19.712\ pH + 0.058\ SL^2 + 0.319\ NaCl^2 + 1.384\ pH^2 + 0.356\ SL_NaCl + 0.293\ SL_pH + 0.413\ NaCl_pH$$

ลักษณะที่ 2 รูปแบบสมการที่ค่าพารามิเตอร์ D, K และ L ติดค่า ln

$$\ln D = -4.544 + 1.615\ SL + 0.19\ NaCl + 3.368\ pH - 0.140\ SL^2 - 0.0001\ NaCl^2 - 0.257pH^2 - 0.058\ SL_NaCl - 0.190\ SL_pH - 0.004\ NaCl_pH$$

$$\ln K = -3.465 + 0.330\ SL + 0.232\ NaCl + 1.077\ pH + 0.003\ SL^2 - 0.008\ NaCl^2 - 0.063\ pH^2 - 0.018\ SL_NaCl - 0.055\ SL_pH - 0.043\ NaCl_pH$$

$$\ln L = 71.398 - 2.224\ SL - 3.476\ NaCl - 19.712\ pH + 0.058\ SL^2 + 0.319\ NaCl^2 + 1.384\ pH^2 + 0.356\ SL_NaCl + 0.293\ SL_pH + 0.413\ NaCl_pH$$

เมื่อใช้สภาวะในการทำนายคือ โซเดียมแลกเทต 0% โซเดียมคลอไรด์ 0% และสภาวะกรด-เบสที่ 6.5 จะพบว่าเมื่อแทนค่าระดับปัจจัยลงในสมการลักษณะที่ 1 และ 2 ตามลำดับจะได้ค่า D, K และ L ดังตารางที่ 4.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า D, K และ L ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2

สมการลักษณะที่	D	K	L
1	8.60	0.87	1.74
2	5443.89*	2.40*	5.72*

หมายเหตุ: * หมายถึงค่าที่ได้จากการถอดค่า ln ออกแล้ว

แทนค่า D, K และ L จากตารางที่ 4.14 ลงในสมการความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างสมการ Gompertz equation กับพารามิเตอร์การเจริญเติบโต D, K และ L เพื่อคำนวณค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโต A, C, B และ M ตามลำดับ

maximum cell population (D) = A+C

maximum growth rate (K) = (BC)/e

lag-phase duration (L) = M-(1/B)

โดยเริ่มจากการแทนค่า D และค่า A ลงในสมการ maximum cell population (D) ด้วยการกำหนดค่า A เท่ากับ 3.1 (ค่า A เท่ากับ 3.1 ได้จากการหาค่า A เฉลี่ยจากการทดลองทั้งหมด) จะได้ค่า C นำค่า C และค่า K แทนลงสมการ maximum growth rate (K) ทำให้ได้ค่า B แทนค่า B และ C ลงในสมการ lag-phase duration (L) ทำให้ได้ค่า M ดังนั้นจะได้ค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโต A, C, B และ M ของสมการลักษณะที่ 1 และ 2 ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบค่า A, C, B และ M ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2

สมการลักษณะที่	A	C	B	M
1	3.1	5.50	0.43	4.06
2	3.1	5440.79	0.0012	841.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

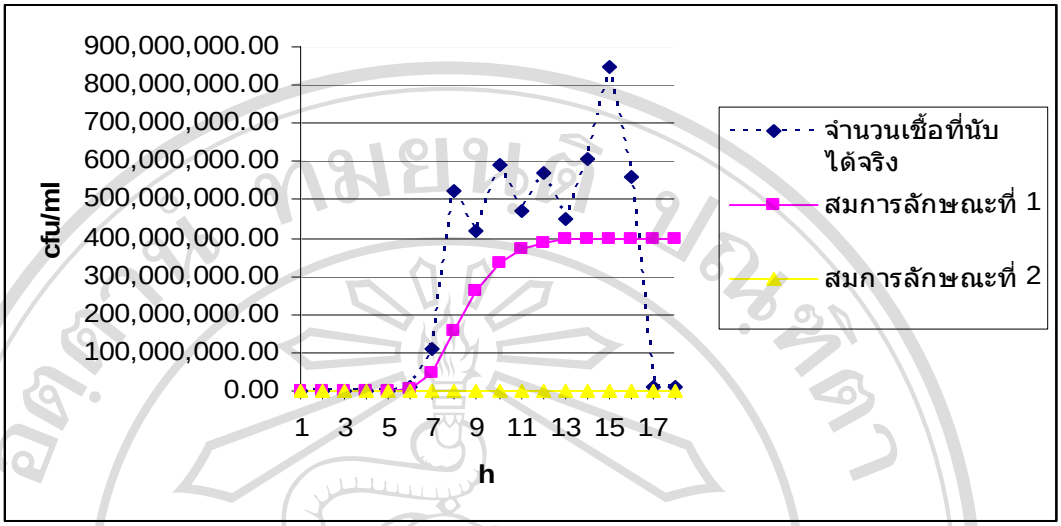
นำค่า A, C, B และ M ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2 ดังตารางที่ 4.15 แทนค่าลงในสมการ Gompertz equation เพื่อทำการคำนวณปริมาณเชื้อที่จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ โดยกำหนดช่วงจุดเวลาคือที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26, 30, 198, 366 และ 534 ชั่วโมงตามลำดับ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 18 ช่วงจุดเวลา ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบจำนวนเชื้อที่นับได้จริง กับจำนวนเชื้อที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2

จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ (h)	จำนวนเชื้อ (cfu/ml)		
	จำนวนเชื้อที่นับได้จริง	สมการลักษณะที่ 1	สมการลักษณะที่ 2
0	1499.68	1311.75	352.96
1	1798.87	1707.10	354.11
2	9840.11	3860.71	355.27
3	47973.34	17209.68	356.43
4	476430.99	117798.74	357.59
6	9120108.39	4599677.58	359.92
8	112201845.43	47512569.49	362.25
10	524807460.25	154366794.82	364.60
12	416869383.47	264228575.57	366.96
14	588843655.36	334158975.13	369.33
16	469894108.61	369564780.71	371.70
18	570164272.28	385748850.53	374.09
22	449779854.89	395863184.87	378.89
26	609536897.24	397704342.04	383.73
30	849180475.04	398035005.26	388.61
198	559757601.50	398107170.55	628.21
366	11994993.03	398107170.55	931.08
534	10665961.21	398107170.55	1284.79

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สร้างกราฟการเจริญเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างจำนวนเชื้อที่นับได้จากการทดลองจริงกับจำนวนเชื้อที่ได้จากสมการการทำนายหรือจากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2 ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 กราฟการเจริญเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างจำนวนเชื้อที่นับได้จากการทดลองจริงกับจำนวนเชื้อที่ได้จากสมการการทำนายหรือจากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2 แสดงจำนวนเชื้อเป็น cfu/ml

หมายเหตุ: ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และ เวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ

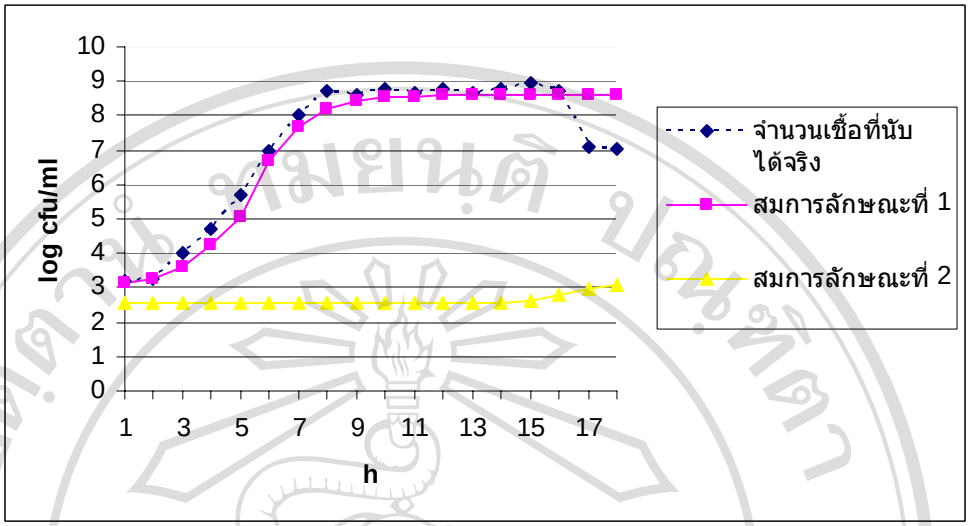
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบจำนวนเชื้อที่นับได้จริง กับจำนวนเชื้อที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2

จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ (h)	จำนวนเชื้อ (log cfu/ml)		
	จำนวนเชื้อที่นับได้จริง	สมการลักษณะที่ 1	สมการลักษณะที่ 2
0	3.18	3.12	2.55
1	3.26	3.23	2.55
2	3.99	3.59	2.55
3	4.68	4.24	2.55
4	5.68	5.07	2.55
6	6.96	6.66	2.56
8	8.05	7.68	2.56
10	8.72	8.19	2.56
12	8.62	8.42	2.56
14	8.77	8.52	2.57
16	8.67	8.57	2.57
18	8.76	8.59	2.57
22	8.65	8.60	2.58
26	8.79	8.60	2.58
30	8.93	8.60	2.59
198	8.75	8.60	2.80
366	7.08	8.60	2.97
534	7.03	8.60	3.11

สร้างกราฟการเจริญเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างจำนวนเชื้อที่นับได้จากการทดลองจริงกับจำนวนเชื้อที่ได้จากสมการการทำนายหรือจากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2 ดังภาพที่ 4.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.13 กราฟการเจริญเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างจำนวนเชื้อที่นับได้จากการทดลองจริงกับจำนวนเชื้อที่ได้จากสมการการทำนายหรือจากการคำนวณด้วยสมการลักษณะที่ 1 และ 2 แสดงจำนวนเชื้อเป็น log cfu/ml

หมายเหตุ: ตัวเลขทางแนวนอนหรือแกน x แสดงเป็นลำดับของช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งในการทดลองตั้งแต่เวลาที่ 0 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 1 และ เวลาที่ 564 ชั่วโมงนับเป็นจุดที่ 18 ดังนั้นตลอดการทดลองจึงรวมทั้งสิ้น 18 จุดเวลาที่ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อ

จากตารางที่ 4.16 และ 4.17 และจากภาพที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าสมการลักษณะที่ 1 มีประสิทธิภาพในการทำนายจำนวนเชื้อได้ใกล้เคียงกับค่าจำนวนเชื้อที่นับได้จริงมากกว่าสมการลักษณะที่ 2 โดยพิจารณาจากการซ้อนทับกับของกราฟการเจริญเพื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนของจำนวนเชื้อที่ได้จากสมการการทำนายกับจำนวนเชื้อที่ได้จากการทดลองจริง และพบว่าจำนวนเชื้อที่ได้มาจากการทำนายด้วยสมการการทำนายลักษณะที่ 1 และ 2 ไม่สามารถทำนายช่วง dead phase ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved