บทที่ 2

สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 *Salmonella* spp.

Salmonella spp. อยู่ใน family Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียกรัมลบ รูปร่างแท่งตรง เคลื่อนที่โดยใช้ แฟลกเจลลารอบเซลล์ แต่มีบางสายพันธุ์ที่ไม่มีแฟลกเจลลา เช่น *Salmonella enterica* serovar Pullorum และ *Salmonella enterica* serovar Gallinarum เป็นต้น *Salmonella* spp. เป็นจุลินทรีย์พวก Facultative anaerobe มีทั้งการหายใจโดยใช้ออกซิเจนและการหมัก อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเติบโตประมาณ 37 องศาเซลเซียส (D'Aoust J. Y. และคณะ, 2001)

เชื้อ *Salmonella enterica* Weltevreden ในอาหารสามารถถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งที่อุณหภูมิสูงนี้อาหารจะเสียคุณค่าทางอาหารไป หรือสูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพบางประการไปได้ดังนั้น อาหารที่ผ่านกระบวนการผลิตจึงนิยมใส่สารเคมีที่เป็นวัตถุกันเสียลงไปเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและเกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร แต่การเติมสารเคมีเหล่านั้นก็อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายด้วยเช่นกัน เช่น ทำให้เกิดการระบาดของโรคภูมิแพ้ ซึ่งเป็นผลกระทบจากการรับประทานอาหารที่มีสารเคมีซึ่งเป็นวัตถุกันเสียเหล่านั้นในปริมาณมาก (Choi S. H. and Chin K. B., 2003) ในปัจจุบันจึงมีการคิดค้นนำวัตถุกันเสียที่ได้จากธรรมชาติมาใช้ เพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เช่น สารโซเดียมแลกเทต ซึ่งเป็นเกลือของกรดแลกติค ที่เตรียมเพื่อใช้ในทางการค้า โดยการทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย Food Safety and Inspection Service (FSIS, 2000) ประกาศอนุญาตให้ใช้ได้กับอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ และสัตว์ปีก ยกเว้นในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับทารก และกำหนดให้สามารถใช้โซเดียมแลกเทตในอาหารได้ในปริมาณไม่เกิน 4.8 % ของน้ำหนักรวมของอาหาร และ FDA (2003) ได้จัดให้อยู่ในกลุ่มของสารที่อนุญาตให้ใช้ในระดับ GRAS (General Recognized As Safe)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ *Salmonella* spp.

เชื้อ *Salmonella* spp. สามารถสร้างกรดและก๊าซได้โดยการย่อยสลายน้ำตาล D-glucose และคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น ๆ เมื่อทดสอบเอนไซม์ออกซิเดสให้ผลลบและเอนไซม์คะตาเลสจะให้ผลบวก เจริญได้โดยใช้ซิเทรต เป็นแหล่งคาร์บอน และสามารถสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้

ในการทดสอบทางชีวเคมีของเชื้อ *Salmonella* spp. จะสร้างกรด และก๊าซ จาก Glucose ใน Triple Sugar Ion agar (TSI) แต่จะไม่ใช้ Lactose และ Sucrose ทั้งใน TSI และในอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น Brillient Green, Xylose Lysine deoxycholate และ Hektoen enteric agars สมบัติทางชีวเคมีของเชื้อแสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 สมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ *Salmonella* spp.

Test	ผลทางชีวเคมี
TSI acid from glucose	+
TSI gas from glucose*	+
TSI acid from lactose	-
TSI acid from sucrose	-
TSI Hydrogen sulfide product	+
Catalase	+
Oxidase	-
Urea hydrolysis	-
Lysine decarboxylation	+
Ornithine decarboxylase	+
Production of indole	-
Citrate utilized as sole carbon source*	+
MR	+
VP	-
Motility	+
G+C (mole % of DNA)	50-53

* ยกเว้นใน *S.* Typhi ที่จะให้ผลเป็นลบ

ที่มา : สุมณฑา และคณะ, 2546 และ Chis B.และ Alec K. 2002

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp.

1. อุณหภูมิ เชื้อ *Salmonella* spp. เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง อุณหภูมิสูงสุดที่เชื้อ *Salmonella* spp. เจริญได้ คือ 49.5 องศาเซลเซียส (ICMSF, 1996) เพราะฉะนั้นการปรุงอาหารหรืออุ่นอาหารเพื่อให้ปลอดภัยจากเชื้อตามที่ USDA/FSIS แนะนำ คือ ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเกณฑ์

2. pH ค่า pH ต่ำที่สุดที่เชื้อ *Salmonella* spp. ชนิดที่ทนกรดมากที่วุดจะเจริญได้อยู่ที่ pH 3.8 และสูงสุดอยู่ที่ 9.5 ช่วง pH ที่เชื้อส่วนมากเจริญได้ดีอยู่ระหว่าง 7-7.5 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่เชื้อเจริญ และชนิดของเชื้อแต่ละ Species ด้วย

3. ค่า Water activity (a_w) หรือกิจกรรมของน้ำอิสระ มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ซึ่งจะเจริญได้ดีในช่วงที่มี Water activity แคบมาก คือ ต่ำสุดที่ 0.94 สูงสุดอยู่ที่ 0.99-1.00

ในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมเอื้อต่อการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. เช่น มีอาหาร อุณหภูมิ และ Water activity ที่เหมาะสม เชื้อ *Salmonella* spp. สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ได้มากกว่าปกติ ดังนั้น ปัจจัยร่วม (Combined effect) จึงมีความสำคัญในด้านของการประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมเชื้อ *Salmonella* spp. มากกว่าใช้ปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว (สุมณฑาและคณะ, 2546)

2.2 โซเดียมแลกเทต (Sodium Lactate)

โซเดียมแลกเทตมีสูตรโมเลกุล คือ $C_3H_5NaO_3$ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 112.06 ลักษณะเป็นของเหลวใส ข้น มีกลิ่นกรด มีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ง่าย (FDA, 2003) พบรายงานที่กล่าวถึงคุณสมบัติในการช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนี้

ในไส้กรอกที่เติมโซเดียมแลกเทต 3.3 % จะมีสีที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา และยังพบปริมาณของ Thiobarbiturate acid reactant substrate (TBARS) ที่เป็นสารที่บอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน น้อยกว่าที่พบในตัวอย่างควบคุม (Soon H. C. and Koo B. C., 2003) สอดคล้องกับในรายงานของ Nnanna I. A. และคณะ (1994) ที่กล่าวว่าโซเดียมแลกเทตมีผลในการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน และพบว่ามีปริมาณของ TBARS น้อย ในอาหารที่เติมโซเดียมแลกเทต ส่วนในเรื่องการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์นั้น

Scannell A. G. M. และคณะ (1997) พบว่า เมื่อผสม โซเดียมแลกเทต กับ ไนซิน จะมีประสิทธิภาพในการช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ และช่วยเพิ่มการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น เชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูสด และมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายงานการทดลองถึงการใช้สารโซเดียมแลกเทต 0.2 % ในการผลิตกุนเชียงไขมันต่ำ ให้ผลในการควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดีที่สุดและทำให้มีอายุในการเก็บรักษาได้ยาวนานกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ 0.2 % ไตรโซเดียมฟอสเฟต และ 0.2 % โพแทสเซียมซอร์เบท (Lin K. W. and Lin S. N., 2001)

Wang F. S. (2000) กล่าวว่า การใส่สารโซเดียมแลกเทตปริมาณ 3 % ในกุนเชียงที่บรรจุแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุในการเก็บรักษาได้นานถึง 25 วัน ซึ่งให้ผลดีกว่าการใช้ไนซิน ในปริมาณ 100 mg/kg

Long C. และ Phillips C. A. (2002) พบว่า เมื่อใส่โซเดียมแลกเทต 2 %,โซเดียมแลกเทต 2 % ร่วมกับ ไนซิน 500 IU/g หรือ โซเดียมแลกเทต 1.5 % ร่วมกับ โซเดียมซิเทต 1.5 % นั้น มีผลต่อการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อ *Arcobacter butzleri* NCTC 12481 ในกระบวนการผลิตอาหารที่ทำจากเนื้อสัตว์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิต่ำเพียงอย่างเดียว

มีรายงานการทดลองว่าผลร่วมกันของ โซเดียมแลกเทต 2.5 % และ โซเดียมไดอะซิเทต 0.2 % มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ Listeria monocytogenes และ เชื้อ Salmonella enterica serovar Enteritidis ในเนื้อวัว ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส (Mbandi E. and Shelef L.A., 2002)

Cegeilska R. R. และ Pikul J. (2004) พบว่า การใช้โซเดียมแลกเทตในปริมาณ 1-2 % จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไส้กรอกไก่ได้นานขึ้น 3-4 เท่า ที่อุณหภูมิตู้เย็นเมื่อเทียบกับการผลิตโดยทั่วไป และเมื่อบรรจุในสภาวะที่เป็น Vacuum nitrogen จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 35 วัน

มีรายงานการศึกษาว่า ความเข้มข้นของโซเดียมแลกเทตที่เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ในช่วง lag phase และ ค่า generation time ยาวนานขึ้น (รชนิศ, 2548) สอดคล้องกับการทดลองของ อรภิยา (2548) ที่กล่าวว่า ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว เบรนฮาร์ทอินฟิวชั่น บรอท ที่มีความเข้มข้นของโซเดียมแลกเทต 2.4 % จะมีผลทำให้การเจริญของเชื้อ *Salmonella* Weltevreden DMST 17375 ในช่วง lag phase ยาวนานที่สุด รองลงมา คือ ที่ความเข้มข้นของโซเดียมแลกเทต เท่ากับ 1.2 % และ 0 % ตามลำดับ

2.3 โซเดียมคลอไรด์

เกลือช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่อาหาร และมีบทบาทในกระบวนการผลิตอาหาร เช่น ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ ช่วยเพิ่มคุณลักษณะที่ดีแก่อาหารหมักดอง ช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ กลูเตน และช่วยเพิ่มสีในส่วนผิว (crust) ของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ นอกจากนี้เกลือยังช่วยควบคุมอัตราการหมักที่เกิดขึ้นโดย Lactic acid แบคทีเรีย แล้วยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส แก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์ และยังมีส่วนช่วยให้ค่า Water activity ลดลง (Ravishanker S. and Juneja V. K., 2000) พบรายงานที่กล่าวถึงคุณสมบัติในการช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนี้

Kaufmann D. W. (1960) กล่าวว่า ถ้าทำการเติมโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 2-4 % ในเนื้อบด, 3-6 % ในแฮม, 2.25 % ในเบคอน และ 6.25 % ในข้าวโพดอ่อน จะทำให้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด

McKay A. L. และ Peters A. C. (1995) พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์และการลดระดับ pH จะมีผลในการชะลอการเจริญของโคโลนีของเชื้อ *Salmonella* Typhimurium ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

Neumeyer K. และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลร่วมกันของอุณหภูมิและค่า water activity ต่อการเจริญของจุลินทรีย์พวก psychrotrophic pseudomonads โดยนำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นแบบจำลองการเจริญของเชื้อเพื่อนำไปทำนายหาค่าช่วงเวลาในการแบ่งเซลล์ของเชื้อ (generation times) และนำค่าที่ทำนายได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำ viable counts พบว่าได้ค่าที่ไม่ต่างกัน

Hinton A. (1999) ได้ทำการศึกษาถึงผลร่วมกันของกรดโพรพิโอนิค โพแทสเซียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Brain-heart infusion ที่ระดับ pH เท่ากับ 6.5 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Typhimurium ได้ดีกว่าการใช้กรดโพรพิโอนิค หรือโพแทสเซียสคลอไรด์ หรือโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว

Betts G. D. และคณะ (2000) พบว่า เมื่อทดลองเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในเครื่องดื่มคอคเทลให้สูงขึ้นจะมีผลทำให้ช่วงระยะเวลา lag phase ของเชื้อยีสต์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของเครื่องดื่มนั้นยาวนานขึ้น และพบว่าช่วงระยะเวลา lag phase ของเชื้อยีสต์นั้นจะมากกว่า 1000 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส pH เท่ากับ 5.8 และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เท่ากับ 6 %

มีรายงานว่า เมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 4.0 % หรือมากกว่านั้น ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy broth (TSB) ที่ระดับ pH ระหว่าง 6.0-8.0 และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ จะมีผลทำให้เชื้อ *Salmonella* Choleraesuis หยุดการสร้างสารพิษ cytotoxin ได้ (Ho W. L. and Chou C. C., 2001)

มีรายงานการศึกษาถึงผลของปริมาณเชื้อเริ่มต้น pH และโซเดียมคลอไรด์ ที่มีต่อการเจริญของ *Clostridium botulinum* 56 A และสร้างแบบจำลองการเจริญ พบว่า ปริมาณเชื้อเริ่มต้นไม่มีผลต่อค่า Maximum growth rate (Zhao L. *et al.*, 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 อุณหภูมิ

อุณหภูมิในการเก็บรักษาอาหาร มีความสำคัญต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ คือ จุลินทรีย์ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเพิ่มจำนวน ทำให้แบ่งจุลินทรีย์ออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrophiles) กลุ่มที่เจริญได้ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิปานกลาง (Psychrotrophs) กลุ่มที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophiles) และกลุ่มที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophiles) (สุมณฑา, 2549) มีรายงานที่กล่าวถึงผลของอุณหภูมิต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนี้

Dickson J. S. และคณะ (1992) ได้ทำการทดลองเลี้ยงเชื้อ *Salmonella* Typhimurium ที่อุณหภูมิระหว่าง 15-40 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิที่ต่างกันมีผลต่ออัตราการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Typhimurium โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในช่วง lag phase ของเชื้อสั้นลง

Rodger S. และคณะ (2003) ทำการทดลองเลี้ยงเชื้อ *Clostridium botulinum* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่เติม tryptose, peptone, glucose และ yeast extract ณ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 31 วัน พบว่า จำนวนของเชื้อ *C. botulinum* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มจำนวนขึ้น

Parish M. E. และคณะ (1997) กล่าวว่า เชื้อ *Salmonella* และ *E. coli* O157:H7 สามารถเหลือรอดอยู่ในน้ำผลไม้ที่แช่เย็นได้นานกว่าในน้ำผลไม้ที่อยู่ในอุณหภูมิห้อง

Richert K. J. และคณะ (2000) พบว่า เชื้อ *E. coli* O157:H7 สามารถเหลือรอดอยู่ในบรอคโคลี่, แตงกวา และพริกขี้หนูสีเขียว ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

Zhaung R. Y. และคณะ (1995) ศึกษาการเหลือรอดของเชื้อ *Salmonella Montevideo* G4639 ที่ผิวและภายในผลมะเขือเทศ โดยใช้คลอรีนในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 วัน ปริมาณของเชื้อ *Salmonella Montevideo* ที่ผิวมะเขือเทศ นั้นไม่ต่างกันเมื่อเทียบกับปริมาณของเชื้อเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณของเชื้อจะเพิ่มขึ้นภายในระยะเวลา 7 และ 1 วัน ตามลำดับ

มีรายงานว่า เชื้อ *Salmonella* spp. ไม่สามารถเจริญในเมล็ดข้าวธัญญาพืชที่เพิ่มความชื้นด้วยน้ำแอปเปิล และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Abushelaibi A. A. *et al.*, 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 โปรแกรมทำนายเชื้อจุลินทรีย์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ถูกใช้เพื่อประมาณค่า specific growth rate และ lag time ที่ต้องการเพื่อศึกษาการเจริญภายใต้สภาวะทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือเพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้ในอาหาร และจุลชีววิทยาทางการหมัก (Richard C. W. and Robert L. B., 2001) มีรายงานที่กล่าวถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนี้

Juneja V. K. และคณะ (2007) ทำการศึกษาการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ในเนื้อไก่ ที่อุณหภูมิ 10, 15, 20, 25, 28, 32, 35, 37, 42 และ 45 องศาเซลเซียส ด้วยสมการ modified Gompertz, logistic model และ Baranyi model พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ในช่วง primary model สมการ modified Gompertz นั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลการเจริญของเชื้อดีที่สุด รองลงมาคือ สมการ Baranyi model และสมการ logistic model แต่สมการ Baranyi model นั้นสามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. ในช่วง secondary model ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ สมการ modified Gompertz และสมการ logistic model

Olmez H. K. และ Aran N. (2004) ศึกษาการใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเจริญของเชื้อ *Bacillus cereus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว เบรนฮาร์ทอินฟิวชั่น บรอท และผันแปรระดับของปัจจัย คือ อุณหภูมิ, pH, โซเดียมแลกเทต และโซเดียมคลอไรด์ โดยทำการเปรียบเทียบการคำนวณหาค่า generation times ระหว่างสมการคณิตศาสตร์ที่ได้จากการทดลองกับ Pathogen Modeling Program (PMP) และข้อมูลที่มาจากแหล่งอ้างอิง พบว่า สมการคณิตศาสตร์ที่ได้จากการทดลองนั้นสามารถคำนวณหาค่า generation times ได้สอดคล้องกับค่าที่คำนวณจาก Pathogen Modeling Program (PMP) และข้อมูลที่มาจากแหล่งอ้างอิง

Davey K. R. และ Daughtry B. J. (1995) ทำการศึกษาถึงผลร่วมกันของ อุณหภูมิ โซเดียมคลอไรด์ และ pH ต่อการเจริญของเชื้อ *Salmonella* spp. และประยุกต์ใช้ predictive model ในการทำนายการเจริญของเชื้อ โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบช่วงระยะเวลา lag phase ระหว่างผลที่ได้จากการทดลองกับการทำนายโดยใช้สมการ Gompertz equation พบว่า ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

Fernandez และคณะ (1997) ศึกษาถึงผลร่วมกันของ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), โซเดียมคลอไรด์, pH และอุณหภูมิ ต่อการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogenes* โดยใช้สมการ model ของ Baranyi และ Roberts มาทำการวิเคราะห์กราฟการเจริญของเชื้อและหาค่า specific

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

growth rate ของกราฟ พบว่า สมการ model ของ Baranyi และ Roberts นั้นให้ผลในการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญของเชื้อและผลของ CO_2 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดี และเมื่อให้โปรแกรมทำนายระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนของเชื้อจนถึง 1000 เท่า พบว่า คลาดเคลื่อนเล็กน้อยเมื่อทำการทวนสอบกับข้อมูลที่มาจากแหล่งอ้างอิง แต่จัดได้ว่าเป็นการคาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved