

ความปลอดภัยในเทคโนโลยีชีวภาพ *

Safety in Biotechnology

จิรวรรณ อภิรักษากร **

บทคัดย่อ

ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพจึงทำให้ศาสตร์ดังกล่าวมีงานวิจัยมากที่สุดในโลกสาขาหนึ่ง ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เกิดขึ้นมีตั้งแต่สิ่งมีชีวิตไปจนถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการปรับปรุงสายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต แม้ว่าเทคโนโลยีชีวภาพจะมีศักยภาพในการแก้ปัญหาด้านสุขภาพอนามัย การเกษตรไปจนถึงด้านสิ่งแวดล้อม แต่สิ่งเหล่านี้ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้เช่นกันหากไม่ได้ตระหนักถึงความซับซ้อนอันเกิดขึ้นจากการพัฒนา หรืออาจจะกล่าวได้ว่าแต่ละก้าวของความล้ำหน้าได้นำไปสู่การหวนตระหนักถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมา ความปลอดภัยทางเทคโนโลยีชีวภาพและการประเมินความเสี่ยงจึงเป็นแนวทางในการแสดงความรับผิดชอบเพื่อยืนยันถึงความปลอดภัยและคลายความวิตกกังวลให้กับสังคมทั่วไป

Abstract

A large number of researches have been from an advance in Biotechnology. Novel products would be from whole or parts of organisms, product development and strain improvement. Although biotechnology shows a potential solving in health, agriculture and environmental problems, but the other problems would be occurred without concerning of a developmental complication and risk assessment. It would say that “Each advance brings about new concerns”. Safety in biotechnology and risk assessment becomes a responsibility to confirm of the safety and decrease of the public worrying.

บทนำ

ความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพได้ก่อให้เกิดคุณประโยชน์อันใหญ่หลวงแก่มวลมนุษยชาติ จากการพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการขั้นพื้นฐานตั้งแต่การปรับปรุงด้านอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรคที่อยู่อาศัยอันอาจจะรวมเอาสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย จนมาถึงยุคที่ความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรุดหน้าไปอย่างคาดไม่ถึง จากเดิมที่ยารักษาโรคถูกคิดค้นมาเพื่อการรักษาและบรรเทาอาการ ต่อมาวัคซีนถูกพัฒนามาเพื่อการป้องกัน และขณะนี้เราก้าวเข้าสู่ยุคที่เราจะได้มีโอกาสทราบถึง

* บทความนี้ผู้เขียนได้เรียบเรียงขึ้นใหม่โดยเพิ่มเติมจากเอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีชีวภาพพื้นฐาน (Basic Biotechnology) ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002, E-mail : jirapi@kku.ac.th

รหัสพันธุกรรมของตัวเอง อัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคบางชนิดสามารถคาดการณ์ได้ คำถามหนึ่งที่เกิดขึ้นก็คือ “แล้วจะเป็นอย่างไรต่อไป” เมื่อข้อสงสัยยังไม่กระจ่างโดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบที่จะตามมาในภายหลัง ปฏิกริยาที่ตอบสนองต่อคำถามดังกล่าวจึงมีทั้ง “ตระหนก” และ “ตระหนก” เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน

ในบทความนี้จึงได้พยายามที่จะชี้ให้เห็นถึงสาเหตุของความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นซึ่งนำไปสู่ข้อถกเถียงด้านความปลอดภัย กฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับสาธารณะ การคำนึงถึงความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่มีความคมชัดโดยแบ่งการพิจารณาออกได้เป็น 3 ประเด็น ได้แก่ การคำนึงถึงความปลอดภัยในการนำสิ่งมีชีวิตก่อโรคมามาใช้ประโยชน์ การคำนึงถึงความปลอดภัยด้านอาหารและการคำนึงถึงความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนกฎข้อบังคับ การประเมินความเสี่ยงและการรับรองเพื่อคลายข้อวิตกกังวลดังกล่าว

1. การคำนึงถึงความปลอดภัยในการนำสิ่งมีชีวิตก่อโรคมามาใช้ประโยชน์

เป็นเวลานับศตวรรษที่สังคมปลอดภัยจากการใช้ผลิตภัณฑ์และกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ ในบางกระบวนการอาจมีการใช้จุลินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการก่อให้เกิดโรคซึ่งเป็นข้อยกเว้นสำหรับกรณีที่ต้องใช้เพื่อการผลิตวัคซีน ความรู้ในเชิงเทคโนโลยีชีวภาพจึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านสาธารณสุขเพื่อการควบคุมโรคติดต่อ อย่างไรก็ตามความปลอดภัยเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญสูงสุด ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับด้านความปลอดภัยในการใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่ควรต้องคำนึงถึงได้รวบรวมไว้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคำนึงถึงความปลอดภัยในเทคโนโลยีชีวภาพ

โอกาสของการติดเชื้อ ได้แก่ ความสามารถของสิ่งมีชีวิตหรือไวรัส (สายพันธุ์ดั้งเดิมหรือที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรม) ในการก่อโรคในมนุษย์ สัตว์และพืช
ความเป็นพิษและภูมิแพ้ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์
ผลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ยา ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ที่ดื้อยาปฏิชีวนะ
ปัญหาอันเนื่องมาจากการใช้ การทิ้ง และการทำบริสุทธิ์ของสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ
ความคำนึงถึงความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อน การติดเชื้อ หรือการผ่าเหล่าของสายพันธุ์สิ่งมีชีวิต
ความคำนึงถึงความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับการนำจุลินทรีย์ที่ถูกดัดแปลงพันธุกรรมมาใช้ในทางอุตสาหกรรม

ที่มา : Smith (1997)

จุลินทรีย์ทั้งหลายที่มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตอาหารของมนุษย์และสัตว์ไม่ได้ก่อให้เกิดอันตราย แต่ก็มีจุลินทรีย์อีกหลายชนิดสามารถติดต่อสู่มนุษย์ สัตว์ พืช และก่อให้เกิดโรคได้โดยมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้องแต่มีเพียงไม่กี่ปัจจัยเท่านั้นที่ได้รับการศึกษาจนเข้าใจอย่างถ่องแท้ ซึ่งมีจุลินทรีย์เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่ก่อให้เกิดอันตรายแต่ได้มีการนำมาใช้อุตสาหกรรม การผลิตวัคซีนและรีเอเจนต์เพื่อการวินิจฉัยโรค ได้แก่ *Bordetella pertussis* ที่ทำให้เกิดโรคไอกรน และ *Mycobacterium tuberculosis* ทำให้เกิดวัณโรค หรือแม้แต่ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคปากและเท้าเปื่อย

เมื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ได้ทำให้การคัดแปลงพันธุกรรมของจุลินทรีย์ประสบความสำเร็จ ทำให้เกิดความไม่แน่ใจในด้านความปลอดภัยตามมา อย่างไรก็ตามความกังวลดังกล่าวบรรเทา ลงด้วยกฎข้อบังคับต่างๆ ที่ตั้งขึ้น การจัดจำแนกความรุนแรงของจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการก่อความเป็น พิษได้รวบรวมได้โดย European Federation of Biotechnology (ตารางที่ 2)

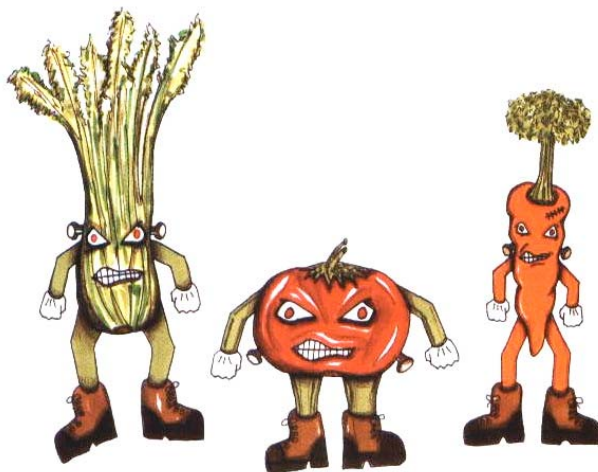
ตารางที่ 2 การจัดจำแนกประเภทจุลินทรีย์ก่อโรค

กลุ่มที่ 1	จุลินทรีย์ที่ยังไม่เคยมีการรายงานว่าก่อให้เกิดโรคในมนุษย์มาก่อนและไม่ทำให้สภาพแวดล้อมเป็นพิษ
กลุ่มที่ 2	จุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดโรคในมนุษย์และอาจเป็นภัยต่อผู้ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการ จึงไม่ควรปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม การป้องกันและการบำบัดจึงต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอ
กลุ่มที่ 3	จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงต่อสุขภาพของผู้ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการแต่ก่อความเสียหายไม่มากในภาพรวมของประชากรโดยรวม การป้องกันและการบำบัดจึงต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอ
กลุ่มที่ 4	จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงต่อมวลมนุษยชาติและเป็นภัยร้ายแรงต่อผู้ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการรวมถึงประชากรโดยรวม โดยทั่วไปยังไม่มี การป้องกันที่เหมาะสม และยังไม่ประจักษ์ถึงการบำบัดที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ
กลุ่มที่ E	ในกลุ่มนี้ได้แก่จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ามวลมนุษยชาติ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจอย่างใหญ่หลวง แต่ละประเทศรวมถึงนานาชาติจึงได้ มีระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์เหล่านี้อย่างปลอดภัยไม่ใช่ว่าเฉพาะในสาขาเทคโนโลยีชีวภาพเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมไปถึงด้านสาธารณสุขและการแพทย์

ที่มา : Smith (1997)

2. การคำนึงถึงความปลอดภัยด้านอาหาร

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว นำไปสู่การคำนึงถึงผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นตามมาทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม ปัจจุบันผู้บริโภคต้องการทราบข้อมูลของสิ่งที่ผสมลงไปในการอาหารตลอดจนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม บางคนอาจจะกลัวกับสิ่งที่ไม่รู้และไม่สบายใจกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ หรือการที่ผู้บริโภคยังไม่ได้รับข้อมูลและมีความเข้าใจเพียงพอ หลายประเด็นเกิดขึ้นจากการตระหนักในด้านวิศวกรรมอาหาร บางคนอาจจะมองอาหารที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรมเป็นเสมือนสัตว์ประหลาด (รูปที่ 1) ดังคำที่ใช้เรียกอาหารที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms, GMOs) ว่า “Frankenfood” (Herren, 2005)



รูปที่ 1 Frankenfood (Herren, 2005)

ประชากรทั่วโลกพยายามที่จะตัดสินใจความปลอดภัยของอาหารที่เกิดจากพืชที่ดัดแปลงพันธุกรรม แม้ว่าการดัดแปลงดังกล่าวเป็นไปเพื่อการปรับปรุงรสชาติ อายุการเก็บรักษาหรือเพื่อเพิ่มความต้านทานแมลง โดยอาจจะลืมไปว่าอาหารที่เราบริโภคอยู่ทุกวันนี้ส่วนหนึ่งก็เป็นผลมาจากวิทยาศาสตร์ไม่โดยทางใดก็ตามหนึ่ง ได้แก่

2.1 พืชที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ (Crossbreeding plants) เป็นวิธีการหนึ่งของการพัฒนาซึ่งใช้ทั้งเวลาและการทดลองผิดลองถูกมาก่อน และดูเหมือนว่าวิธีการนี้ดูจะมีความปลอดภัยและเฉพาะเจาะจงน้อยกว่า GMOs ที่ได้จากการตัดต่อยีนที่มีการกำหนดยีนเป้าหมายที่จำเพาะกว่า ส่วนการผสมข้ามสายพันธุ์อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับยีนได้โดยที่ไม่ทราบว่าจะทำไยจึงถูกตัดต่อและแทรกเข้าไปในโครโมโซมได้เอง

2.2 การฉายาอายุการเก็บรักษาผักผลไม้ด้วยรังสี (Food irradiation) เป็นวิธีการถนอมอาหารสำหรับอาหารที่ต้องการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหรือความร้อน เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ตลอดจน

การเจริญเติบโตของไข่และตัวอ่อนของแมลง การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด รวมถึงการป้องกัน การงอกของผักและผลไม้โดยยังคงคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัสและรสชาติของอาหารได้ดี ซึ่งในอดีต ก็ไม่เป็นที่ยอมรับในการใช้รังสีกับผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ในปัจจุบันเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอยู่ ทั่วไป โดยในส่วนของประเทศไทยนั้น การฉายรังสีแก่อาหารเพื่อผลิตเป็นการค้าจะต้องดำเนินการใน สถานที่และใช้เครื่องมือที่ได้รับการอนุญาตจากสำนักงานอาหารและยาและจะต้องปฏิบัติตามกฎ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 103 (พ.ศ. 2529) เรื่องกำหนดกรรมวิธีการผลิตอาหาร (คณะอุตสาหกรรม เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550) ส่วนในกรณีการรับรองคุณภาพและความปลอดภัยของสินค้าเกษตร และอาหาร ทางสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) มีนโยบายในการรับรอง ดังกล่าวด้วยป้ายสัญลักษณ์ตัว Q เพื่อให้สินค้าเกษตรและอาหารมีคุณภาพและความปลอดภัยได้รับการ ยอมรับและมีมาตรฐานระดับสากล

นอกจากนี้ในประเด็นอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกันก็คือ การที่วิทยาการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ สามารถทำให้ได้ผลตามที่ต้องการแต่สิ่งที่ตามมาก็คือเกิดความตระหนักถึงสิ่งที่ผิดธรรมชาติที่เกิดขึ้นนั้น อาจเข้าไปร่วมเป็นส่วนหนึ่งในอาหาร และอาจชักนำให้เกิดอาการแพ้ขึ้นได้หรืออาจเกิดผลกระทบใน ระยะยาวต่อร่างกายได้เช่นกัน ประชากรอเมริกันประมาณ 15 % ได้รับผลกระทบจากการแพ้อาหาร (รูปที่ 2) ซึ่งกลุ่มใหญ่ของสารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ก็คือโปรตีน และโดยการที่พันธุวิศวกรรมมีส่วนเกี่ยวข้อง โดยตรงกับการแสดงออกของยีนและการผลิตโปรตีน การมีโปรตีนชนิดใหม่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่ไม่เคยมี โปรตีนชนิดนี้มาก่อนด้วยเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมจึงเป็นลักษณะที่คล้ายกับการเกิดสารที่ก่อให้เกิด อาการแพ้ขึ้นได้



รูปที่ 2 การเกิดอาการแพ้จากการได้รับสารบางชนิด (Herren, 2005)

ตัวอย่างกรณีที่เกี่ยวข้องกับการตระหนักถึงการดัดแปลงพันธุกรรม ได้แก่ taco shell ที่เป็นส่วนประกอบของอาหารฟาสต์ฟู้ดที่ขายทั่วไปในสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 3) ผลผลิตจากข้าวโพดที่ได้รับการรับรองว่าสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ แต่เนื่องจากองค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration, FDA) ยังไม่ได้ให้การรับรอง ถึงแม้จะไม่มีรายงานการเกิดอาการแพ้ในผู้บริโภคแต่ taco เหล่านั้นจะถูกเก็บออกจากตลาดและมีผลบังคับทางกฎหมายตามมาอีกมากมายซึ่งส่งผลกระทบต่อตลาดการค้าข้าวโพดในขณะนั้น



รูปที่ 3 Taco ที่ผลิตจากข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมที่ถูกเก็บออกไปจากตลาดอันเนื่องมาจากความหวັนวิตกของผู้บริโภค (Herren, 2005)

ส่วนในกรณีของสารอันตรายหรือยีนที่สร้างสารพิษ (toxin) ที่เกรงว่าจะอาจจะถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร เช่น ปลาที่เกิดจากพันธุวิศวกรรมทำให้มีอินสร้างฮอร์โมนเร่งการเจริญ (growth hormone) ต้องมั่นใจว่าปลาเหล่านั้นจะไม่สร้างผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคปลาเข้าไป จากการศึกษากของ The National Research Council สรุปว่ายังไม่ปรากฏเหตุการณ์ที่แสดงถึงความปลอดภัยของการบริโภคอาหารที่เกิดจากเทคนิคทางพันธุวิศวกรรม และไม่พบความแตกต่างระหว่างความเสี่ยงของการบริโภคพืชที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรมกับพืชที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ FDA ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยของอาหารให้การรับรองพืชที่เกิดจากเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมมีมาตรฐานความปลอดภัยเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป

ประเด็นถัดมาก็คือผู้บริโภคต้องการให้อาหารที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรมต้องติดฉลาก ซึ่งการติดฉลากผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีชีวภาพก็เป็นข้อถกเถียงกันไปทั่วโลก ซึ่งพบว่าการศึกษาช่วยแก้ปัญหาในแง่ของความรู้สึกที่ทำให้เกิดทางเลือกแก่ผู้บริโภค หลายคนรู้สึกว่าผลิตภัณฑ์ที่ติดฉลากมีความปลอดภัย ส่วนบริษัทผู้ผลิตรู้สึกว่าการใส่ในต่อความหวาดระแวงของผู้บริโภคด้วยการติดฉลากทำ

ให้ภาพพจน์ของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นและช่วยลดความกังวลได้ และยังทำให้ผู้บริโภคมีความรู้ในการเลือกระหว่าง GMOs และอาหารที่ไม่ใช่ GMOs (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 การใส่ใจกับฉลากอาหารของผู้บริโภค (Herren, 2005)

3. การคำนึงถึงความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อม

ผู้คนมากมายได้แสดงความใส่ใจผลของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัวมนุษย์ใช้ชีวิตอยู่บนโลกแบ่งปันกับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงมีผู้ที่ให้ความสำคัญกับการมีสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรมเข้ามาอยู่ร่วมด้วย ซึ่งเชื่อว่าผลกระทบใดๆ ที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อประชากรมนุษย์ เช่น ห่วงโซ่อาหาร แหล่งน้ำ หรือแม้แต่อากาศ เป็นต้น

Bacillus thuringiensis (Bt) เป็นแบคทีเรียซึ่งปัจจุบันรู้จักกันดีเนื่องจากความสามารถในการควบคุมศัตรูพืช และได้มีการนำมาใช้กับข้าวโพด มันฝรั่ง และฝ้าย การตระหนักถึงการใช้อนุพิษจาก Bt ที่อาจทำให้ประชากรแมลงเกิดการต้านทานขึ้นได้เมื่อมีการใช้สารพิษ Bt แพร่หลายทำให้แมลงที่ต้านทานสารพิษอยู่รอดซึ่งหากแมลงที่ต้านทานสารพิษเหล่านี้ผสมพันธุ์กับแมลงตัวอื่น อาจจะทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนแมลงที่ต้านทานสารพิษ รวมไปถึงความหวังเกรงว่าสารพิษ Bt อาจจะไม่มียาต่อการควบคุมศัตรูพืชได้อีกต่อไป นักวิทยาศาสตร์แนะนำการใช้อย่างระมัดระวังร่วมกับ Bt เพื่อช่วยป้องกันการต้านทานรวมทั้งการกำหนดบริเวณที่ไม่อนุญาตให้มีการใช้ Bt เพื่อไม่ให้เกิดผลข้างเคียงกับการอยู่ร่วมกันของแมลงชนิดอื่นและควบคุมประชากรแมลงที่ต้านทาน

ข้อที่ควรคำนึงถึงผลกระทบของ Bt toxin ที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ก็คือ Bt อาจจะทำลายห่วงโซ่อาหารไปสู่สิ่งมีชีวิตที่มีสายพันธุ์ใกล้เคียงเนื่องจากการกินอาหารประเภทเดียวกัน รวมถึงจำนวนแมลงที่ส่งผลกระทบต่อประชากรนกที่เป็นผู้ล่า หรือสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาศัยในดินอาจจะได้รับ

ผลของ Bt ที่ตกค้างมากขึ้น ความเสี่ยงอื่นๆ ยังอาจรวมถึงการทำลายระบบนิเวศน์ที่ทำให้เกิดการสูญพันธุ์ของสายพันธุ์ดั้งเดิม

ผลกระทบในด้านอื่นๆ ของเทคโนโลยีชีวภาพของพืชต่อสิ่งแวดล้อม หรือความหลากหลายทางชีวภาพได้แก่ การที่พืชผลทางการเกษตรถูกดัดแปลงให้ทนต่อยากำจัดวัชพืชซึ่งไม่มีผู้ใดสามารถคาดเดาผลที่เกิดขึ้นตามมาในอนาคตได้ หรือการที่วัชพืชเหล่านั้นอาจเกิดการดื้อต่อสารเคมีที่ใช้ทำให้เกิดเป็นวัชพืชพิเศษ (superweed) ซึ่งหมายถึงวัชพืชที่ฆ่าได้ยากด้วยวิธีการทั่วไปและสามารถเจริญขึ้นแทนที่พืชผลทางการเกษตรทั่วไปได้ แม้ว่าเทคโนโลยีชีวภาพทางด้านพืชจะให้ประโยชน์ในการต้านทานโรคแมลง หรือแม้แต่อุณหภูมิ หรือเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนอาหาร โดยการพัฒนาการเจริญและผลได้ของพืชในประเทศกำลังพัฒนา แต่ก็ทำให้เกิดการชั่งน้ำหนักระหว่างการผลิตอาหารที่มีประสิทธิภาพนั้นให้ผลคุ้มค่ากับการสูญเสียสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์หรือไม่

4. การประเมินความเสี่ยงและการรับรองเพื่อการกระจายสินค้าสู่ตลาด

การโต้แย้งทางเทคโนโลยีชีวภาพได้เริ่มขึ้นเมื่อมีการทดลองดัดแปลงพันธุกรรมขึ้นเป็นครั้งแรกในปี 1973 จนนำไปสู่การกล่าวหาว่าเป็นการเล่นกับพระเจ้า หรือการเปลี่ยนแปลงการเกิดวิวัฒนาการ สถาบันสุขภาพแห่งชาติ (The National Institutes of Health, NIH) ซึ่งเป็นองค์กรที่จัดสรรทุนแก่นงานวิจัยขนาดใหญ่ด้านสาธารณสุขได้จัดทำคู่มือสำหรับห้องปฏิบัติการวิจัยเพื่อความแน่ใจด้านความปลอดภัย

ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1970 ความรู้ตลอดจนประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับดีเอ็นเอลูกผสม (Recombinant DNA) มีเพิ่มขึ้น คณะกรรมการให้คำปรึกษาด้านดีเอ็นเอลูกผสม (The Recombinant DNA Advisory Committee, RAC) ของ NIH จึงผ่อนคลايข้อบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทางด้านดังกล่าว การผ่อนปรนข้อบังคับและมุมมองสาธารณะที่ดีขึ้นได้นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากดีเอ็นเอลูกผสมเพิ่มมากขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการออกข้อบังคับได้ทดสอบแนวทางที่ได้จากเทคนิคนี้เช่นเดียวกับแนวทางอื่นทั่วไป แต่ยังคงต้องถูกประเมินในแง่ของความปลอดภัย

การประเมินความเสี่ยงเป็นการประเมินศักยภาพความเป็นอันตราย ความเสี่ยงทางด้านวิทยาศาสตร์ยกตัวอย่างเช่น การใช้กัมมันตภาพรังสีในการทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือการกินอาหารที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรม เป็นต้น ดังนั้นการประเมินก็คือการแปลผลของอันตรายและความเสี่ยงที่ตรวจพบ

ประชาชนทั่วไปรวมทั้งนักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมีความหวาดระแวงอยู่หลายประการ อาทิเช่น การที่พืชและสัตว์ที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรมอาจจะเปลี่ยนสิ่งมีชีวิตที่ดีไปเป็นศัตรูพืชสร้างความสูญเสียในเชิงธุรกิจได้ หรืออาจจะเพิ่มศัตรูพืชโดยผ่านการผสมข้ามสายพันธุ์ ผลิตภัณฑ์ใหม่ทางเทคโนโลยีชีวภาพอาจก่อโทษต่อแมลงสายพันธุ์ที่ไม่ใช่เป้าหมายได้ ไวรัสลูกผสม (Recombinant virus) อาจจะติดต่อสู่สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้ สิ่งมีชีวิตลูกผสม (Recombinant organism) อาจจะทำให้เกิดการ

สูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดอันเนื่องมาจากการแข่งขัน การขาดแคลนอาหารและแหล่งอาหาร การย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ของสารพิษที่ตกค้าง การประเมินความเสี่ยงเหล่านี้จะต้องตอบคำถามต่างๆ เช่น

- จะสามารถปล่อยสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมออกสู่สิ่งแวดล้อมได้เมื่อใด ?
- โอกาสของการถ่ายทอดยีนมีมากน้อยเพียงใด ?
- การติดตามการถ่ายทอดยีนทำได้อย่างไร ?
- ต้องการข้อมูลมากน้อยเพียงใดในการประเมินความเสี่ยง ?
- ต้องการข้อมูลพื้นฐานมากน้อยเพียงใด ?

ความปลอดภัยด้านอาหารและยา สิ่งแวดล้อมและผลิตผลทางการเกษตรได้รับการประเมินโดย FDA, EPA และ USDA (ตารางที่ 3) หน่วยงานควบคุมเหล่านี้ใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจบังคับ ข้อมูลใหม่ๆ ยังคงเป็นที่ต้องการเพื่อให้เข้าถึงความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมรวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยตั้งแต่ปี 1992 USDA ได้รับเงินทุนวิจัยในด้านที่ FDA, EPA และ USDA ให้มีความสำคัญอย่างมากในการควบคุมและการประเมินความเสี่ยง งานวิจัยนี้จัดทำโดยโครงการสนับสนุนงานวิจัยการประเมินความเสี่ยงทางเทคโนโลยีชีวภาพ (The Biotechnology Risk Assessment Research Grants Program, BRARGP) โครงการนี้ได้รวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะกับ GMOs

ตารางที่ 3 องค์การและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม

National Institutes of Health (NIH)
Recombinant DNA Advisory Committee (RAC)
Environmental Protection Agency (EPA)
Toxic Substances Control Act (TSCA)
Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA)
National Environmental Policy Act (NEPA)
Food and Drug Administration (FDA)
Public Health Service Act (PHSA)
Federal Food, Drug and Cosmetic Act (FFDCA)
United States Department of Agriculture (USDA)
Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS)
Agriculture Recombinant DNA Research Committee (ARRC)
Federal Plant Pest Act (FPPA)
Plant Quarantine Act (PQA)
Virus-Serum-Toxin Act

ที่มา : Barnum (2005)

แนวทางของการประเมินความเสี่ยงอาศัยเทคนิคที่เรียกว่าตัวเลขบ่งระดับความเสี่ยง (Risk Priority Number หรือ RPN) ที่ใช้วิธีวิเคราะห์ความเสี่ยงร่วมกับการแจกแจงปัญหาที่อาจการเกิดขึ้น โดยแบ่งการก่อให้เกิดปัญหาออกเป็น 3 ระดับ คือ

ขั้นรุนแรง (Severity) เป็นขั้นที่ทำให้เกิดความผิดพลาดหรือล้มเหลวได้สูง

ขั้นที่เกิดขึ้นได้ (Occurrence) เป็นขั้นที่ความผิดพลาดหรือล้มเหลวมีโอกาสเกิดขึ้นได้

ขั้นตรวจพบ (Detection) เป็นขั้นที่สามารถตรวจพบความผิดพลาดหรือล้มเหลวได้ก่อนส่งถึงผู้บริโภค

การกำหนดระดับความเสี่ยงมีค่าได้ตั้งแต่ 1 ถึง 5 หรือ 1 ถึง 10 ก็ได้แล้วแต่การกำหนด โดยตัวเลขยิ่งมีค่ามากยิ่งแสดงถึงความเสี่ยงของการผิดพลาดสูง ตัวอย่างในตารางที่ 4 แสดงถึงการกำหนดระดับความเสี่ยงขั้นรุนแรงเป็น 5 ระดับ ซึ่งหลังจากการกำหนดระดับความเสี่ยงจะสามารถคำนวณค่า RPN ได้จากผลคูณของ Severity, Occurrence และ Detection ดังนี้

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

ตารางที่ 4 การกำหนดระดับความเสี่ยงขั้นรุนแรงเป็น 5 ระดับ

Rating	Description	Criteria
1	Very low or none	Minor nuisance.
2	Low or minor	Product operable at reduced performance.
3	Moderate or Significant	Gradual performance degradation.
4	High	Lose of function.
5	Very high or catastrophic	Safety-related catastrophic failures.

ที่มา : Reliasoft (2008)

จากการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ GMOs เพิ่งจะพัฒนาเมื่อไม่นาน การคาดการณ์ถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จึงยังเป็นข้อถกเถียงว่าจะเป็นจริงหรือไม่เนื่องจากยังไม่มีหลักฐานที่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจน แต่ก็ได้ทำให้เกิดการก่อตั้งหน่วยงานต่างๆ เกิดขึ้นมากมายเพื่อการควบคุมและตรวจสอบกระบวนการผลิตและการตลาดของ GMOs (ตารางที่ 3) ซึ่งมีอยู่หลายขั้นตอน และผลิตภัณฑ์จะต้องผ่านทุกขั้นตอนของการตรวจสอบก่อนที่จะได้รับการรับรองให้สามารถวางจำหน่ายได้ เช่น

1. NIH มีสิทธิในการตรวจสอบการทดลองที่เกี่ยวข้องกับดีเอ็นเอลูกผสม
2. ในบางครั้ง USDA อาจจะต้องการตรวจสอบการทดลองที่เกี่ยวข้องกับดีเอ็นเอลูกผสม

3. USDA ต้องการให้เกิดประชาพิจารณ์ของการการอนุญาตให้ปลดปล่อย GMOs ออกสู่สิ่งแวดล้อมก่อนที่จะอนุญาตจริง
4. USDA ต้องการการอนุญาตให้มีการขนส่งได้ก่อนที่ GMOs จะถูกขนส่งระหว่างรัฐ
5. USDA ต้องการการอนุญาตทางการค้าของ GMOs หรือการตัดสินใจขั้นพื้นฐานเพื่อแสดงถึงสถานะพิเศษของ GMOs ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ต้องอาศัยเวลาเพื่อรวบรวมความคิดเห็นของประชาชน
6. EPA อาจต้องการการอนุญาตทำการทดลองเมื่อมีการใช้ GMOs ในพื้นที่ที่มากกว่า 10 เอเคอร์ขึ้นไป
7. EPA อาจจะต้องจำกัดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก GMOs ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องจัดให้มีการแสดงประชาพิจารณ์เช่นกัน
8. EPA ต้องการการลงทะเบียนผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปใช้ในเชิงการค้าและต้องจัดให้มีการพิจารณา
9. FDA ต้องการการตรวจสอบและประชาพิจารณ์ก่อนที่ GMOs จะนำออกสู่ตลาดทั้งในรูปแบบของอาหารหรือเวชภัณฑ์ก็ตาม

เมื่อเทียบกับพืชที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์หรือการยัดยอการเก็บรักษาผักผลไม้ด้วยรังสีที่มีการศึกษามานานก่อนหน้าการพัฒนา GMOs แต่เดิมนั้นมีปัญหาในแง่ของการไม่ยอมรับอันเนื่องมาจากความหวาดระแวงถึงผลกระทบหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้โดยคาดไม่ถึงมาก่อน แต่เมื่อเวลาผ่านไปและไม่มีข้อยืนยันถึงผลร้ายแรงที่เกิดขึ้นจริง ความเข้มงวดกวดขันต่างๆ ก็ผ่อนคลายลงและได้รับการยอมรับมากขึ้น จึงพบเห็นผักผลไม้ที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์วางขายอยู่ทั่วไป แต่ถ้าเป็นอาหารที่ผ่านการฉายรังสีจะต้องทำในสถานที่ในสถานที่และใช้เครื่องมือที่ได้รับการอนุญาตจากสำนักงานอาหารและยา แต่ถ้าเป็นกรณีของ GMOs แล้ว แม้จะมีหน่วยงานหรือมาตรการตรวจสอบอย่างเข้มงวดหลายขั้นตอนก็ตามแต่ก็ยังมีความเสี่ยงหรือการคาดการณ์เพื่อปกป้องสถานะภาพของผลิตภัณฑ์ว่าผลิตภัณฑ์นั้นจะมีชีวิตเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมหรือไม่ เพื่อให้การตัดสินใจขั้นสุดท้ายเป็นของผู้บริโภค

โดยสรุปแล้วการคำนึงถึงความปลอดภัยในเทคโนโลยีชีวภาพก็คือการระแวดระวังไม่ให้เกิดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนารุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งก็คือความพยายามที่จะคาดไม่ถึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมาเพื่อหาทางป้องกันไว้ก่อน เป็นภาพเสมือนของการรักษาสมดุลระหว่างการมองไปข้างหน้ากับการเหลียวกลับไปมองข้างหลังว่าในแต่ละก้าวที่ขยับไปข้างหน้าได้ตระหนักถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาไว้มากน้อยเพียงใด ดังคำกล่าวที่ว่า “Each advance brings about new concerns”

เอกสารอ้างอิง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. “การถนอมอาหารโดยการฉายรังสี.” เดลินิวส์.

13 เมษายน 2550.

Branum, S. P., Biotechnology: An Introduction. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 2005.

Herren, R. V., Introduction to Biotechnology: An Agricultural Revolution. New York: Thomson Delmar Learning, 2005.

Reliasoft. Examining Risk Priority Numbers in FMEA [Online]. Access 19 August 2008. Available from <http://www.reliasoft.com/newsletter/2q2003/rpns.htm>

Smith, J. E., Biotechnology. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.