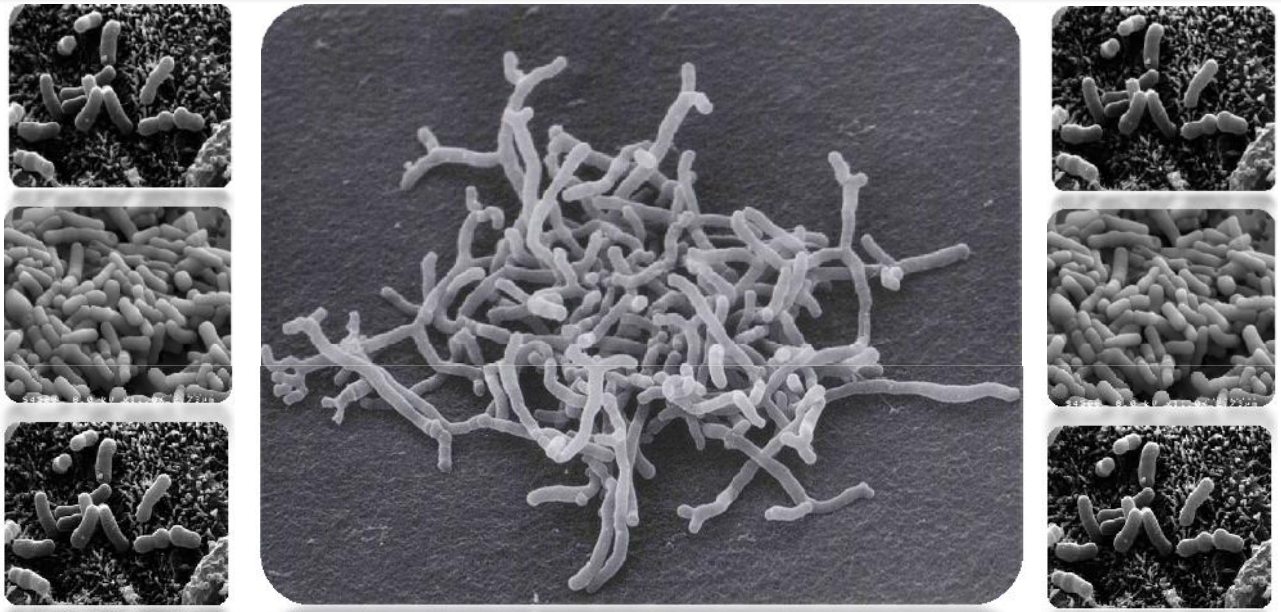
โพรไบโอติกส์



วรรณพ วิเศษสงวน

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

wonnop@biotec.or.th

NAC2015 11th NSTDA Annual Conference

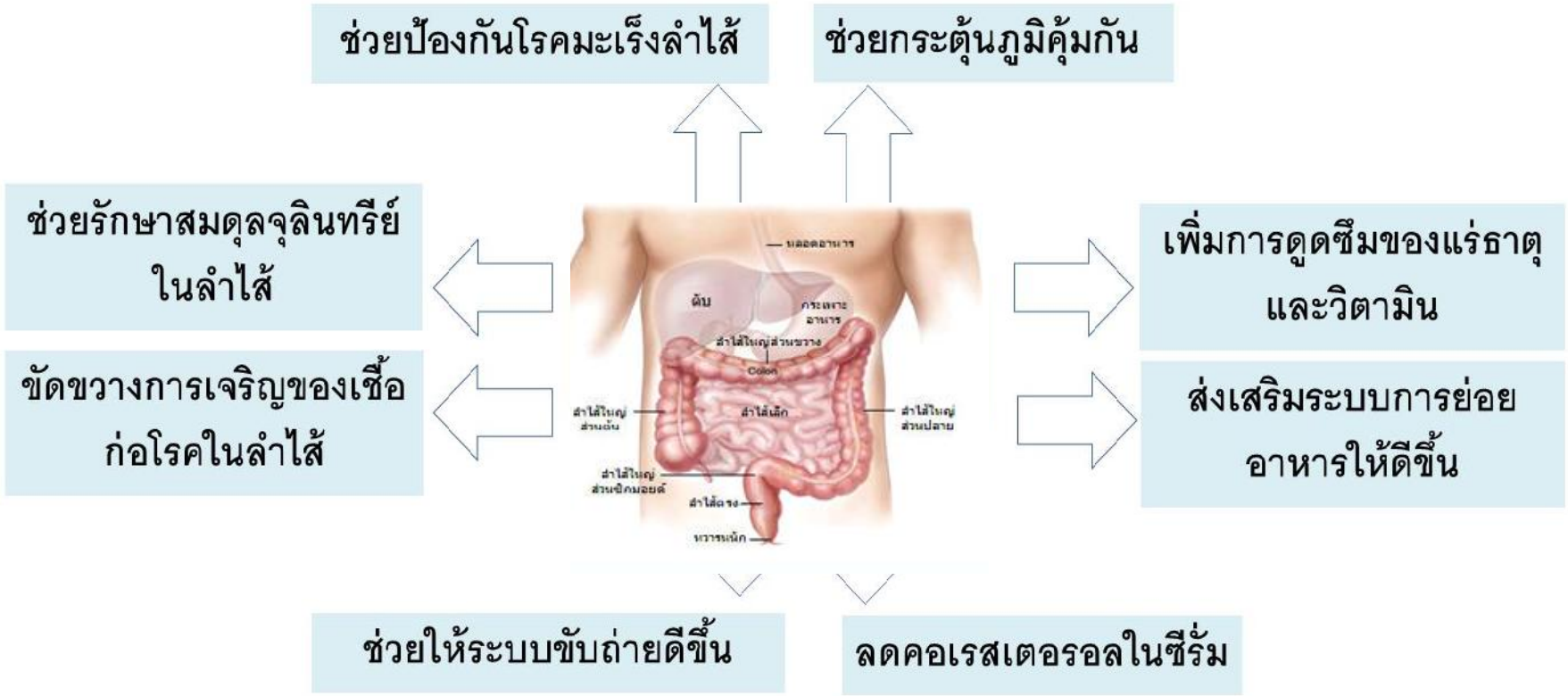
BIOTEC a member of NSTDA

FOOD AND FEED INNOVATION CENTER

โพรไบโอติกส์ต่างจากจุลินทรีย์ทั่วไปอย่างไร

"โพรไบโอติกส์เป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะพิเศษ เช่น ทนกรดได้ดี ทนน้ำดี สามารถเกาะติดผนังลำไส้ได้ดี และมีคุณสมบัติที่ช่วยส่งเสริมสุขภาวะร่างกายได้"

จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ดีต่อสุขภาพอย่างไร

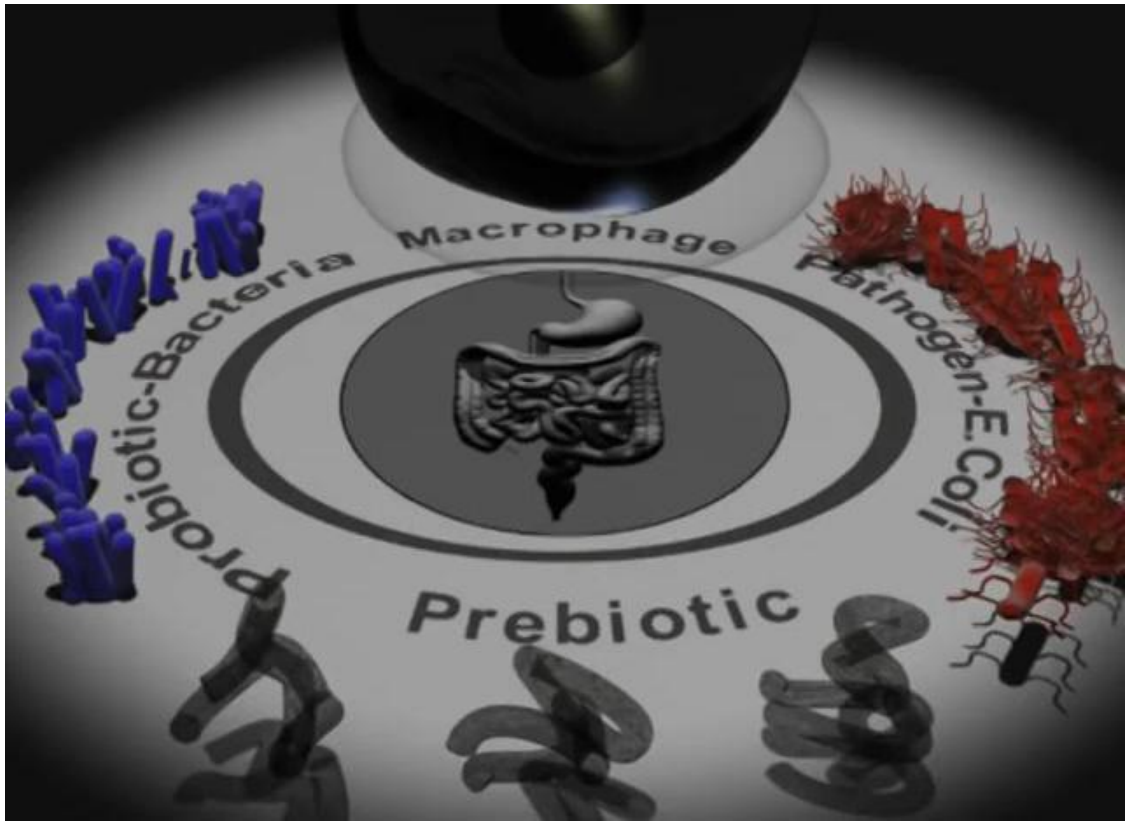


“ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ทำให้สุขภาพดีขึ้น”

จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ดีต่อสุขภาพอย่างไร

เซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกัน

โพรไบโอติกส์



จุลินทรีย์ก่อโรค

พรีไบโอติกส์ อาหารของโพรไบโอติกส์

ไฟเบอร์ FOS MOS GOS

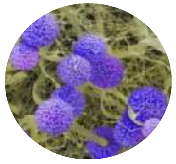
Food and Feed Innovation Center

To use Thai bioresource to create innovative solution that can increase competitiveness and sustainability of Thai food and feed industries

FOOD AND FEED INNOVATION CENTER

Bio-collection discovery platform

Screening of candidate microbes and enzymes



Activity-based

Genomic-based

Strain improvement

Systems bio-processing platform

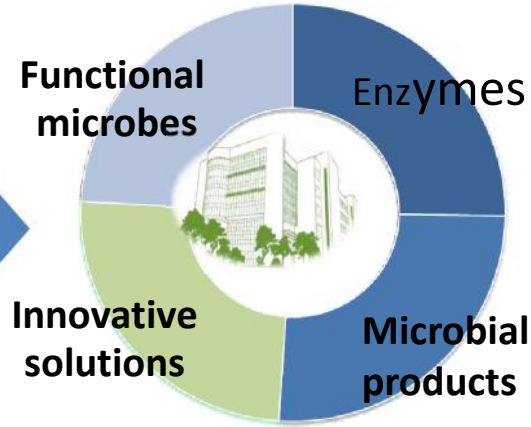
Complete upstream-to-downstream production

Key facilities:
Solid state fermentor: 500 kg
Submerged fermentor 200 L

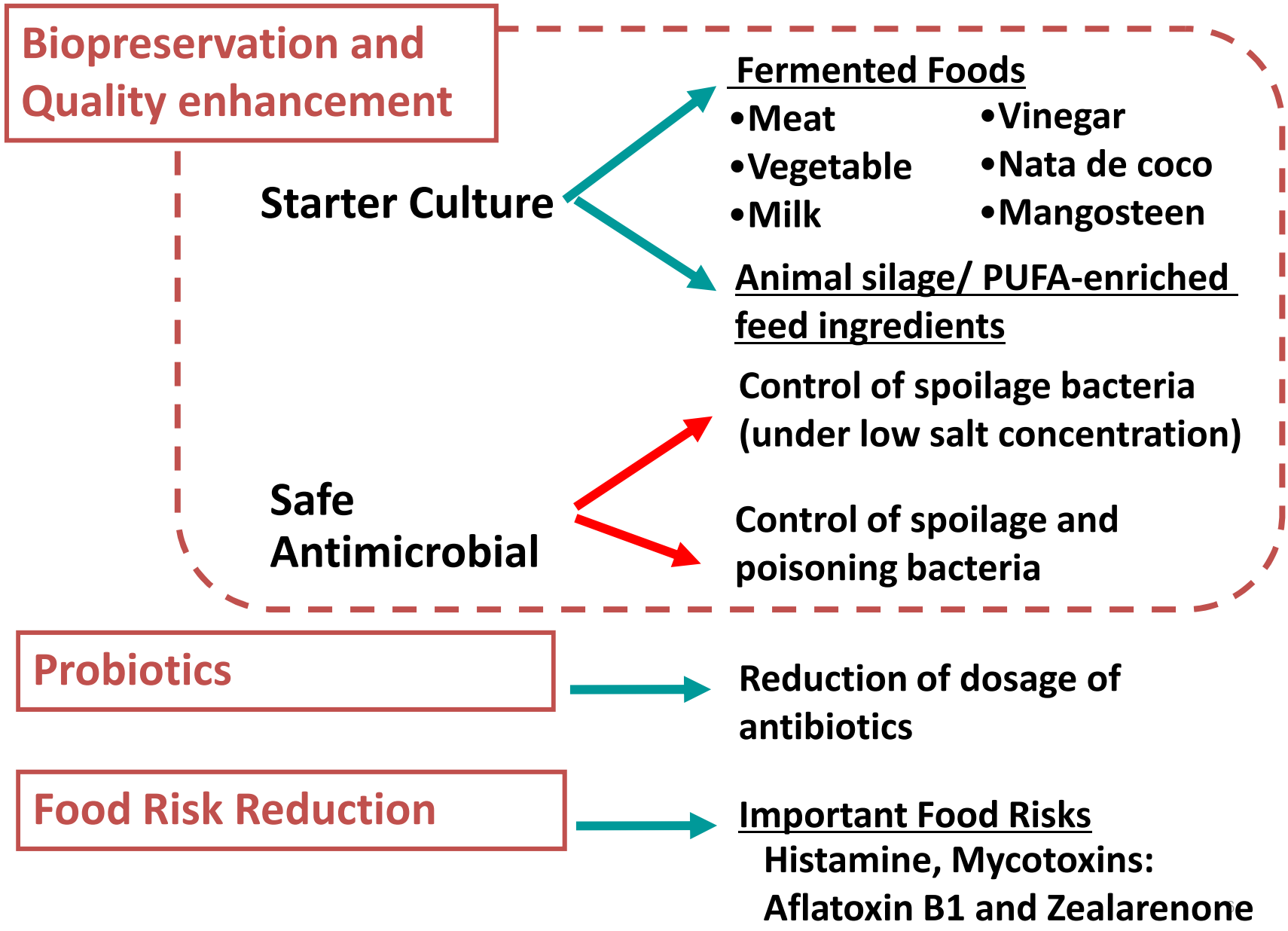
- **Process optimization**
- **Scalable processing**
- **Techno-economic assessment**

Integrated food quality and safety platform

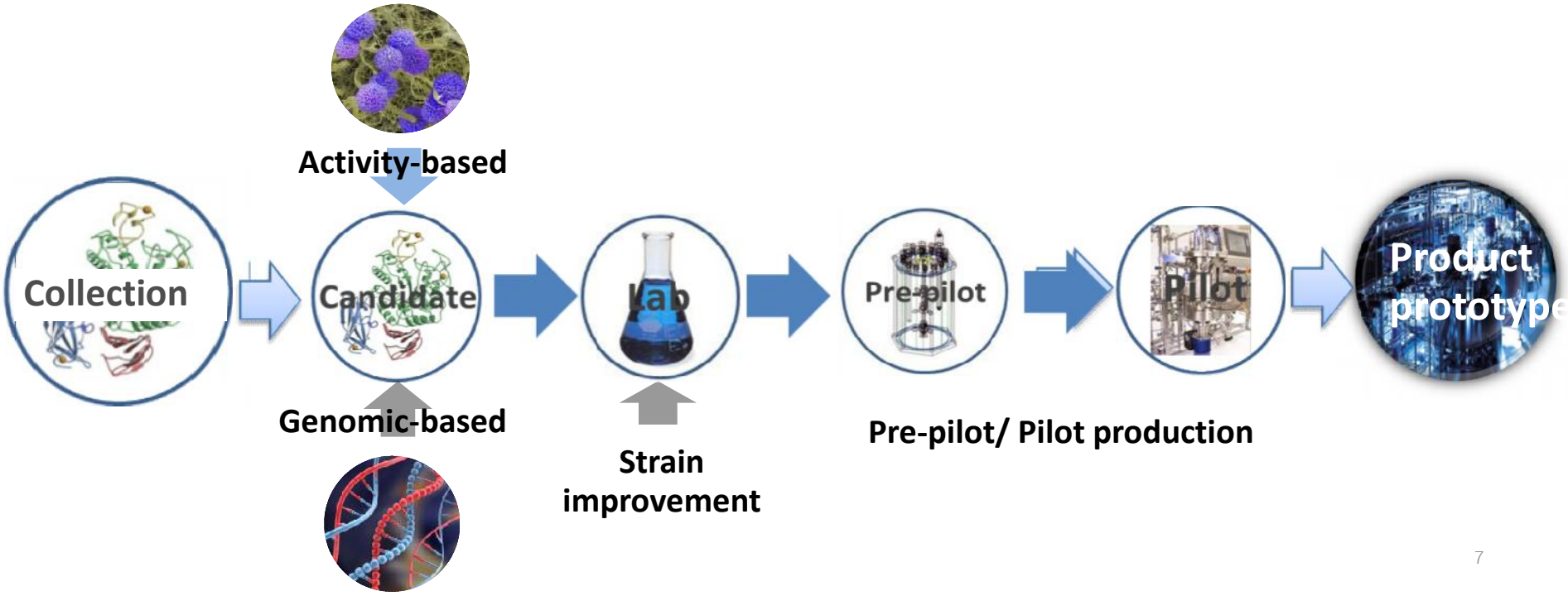
Design new process & technology ensuring quality and safety of product



Functional microbes @ glance



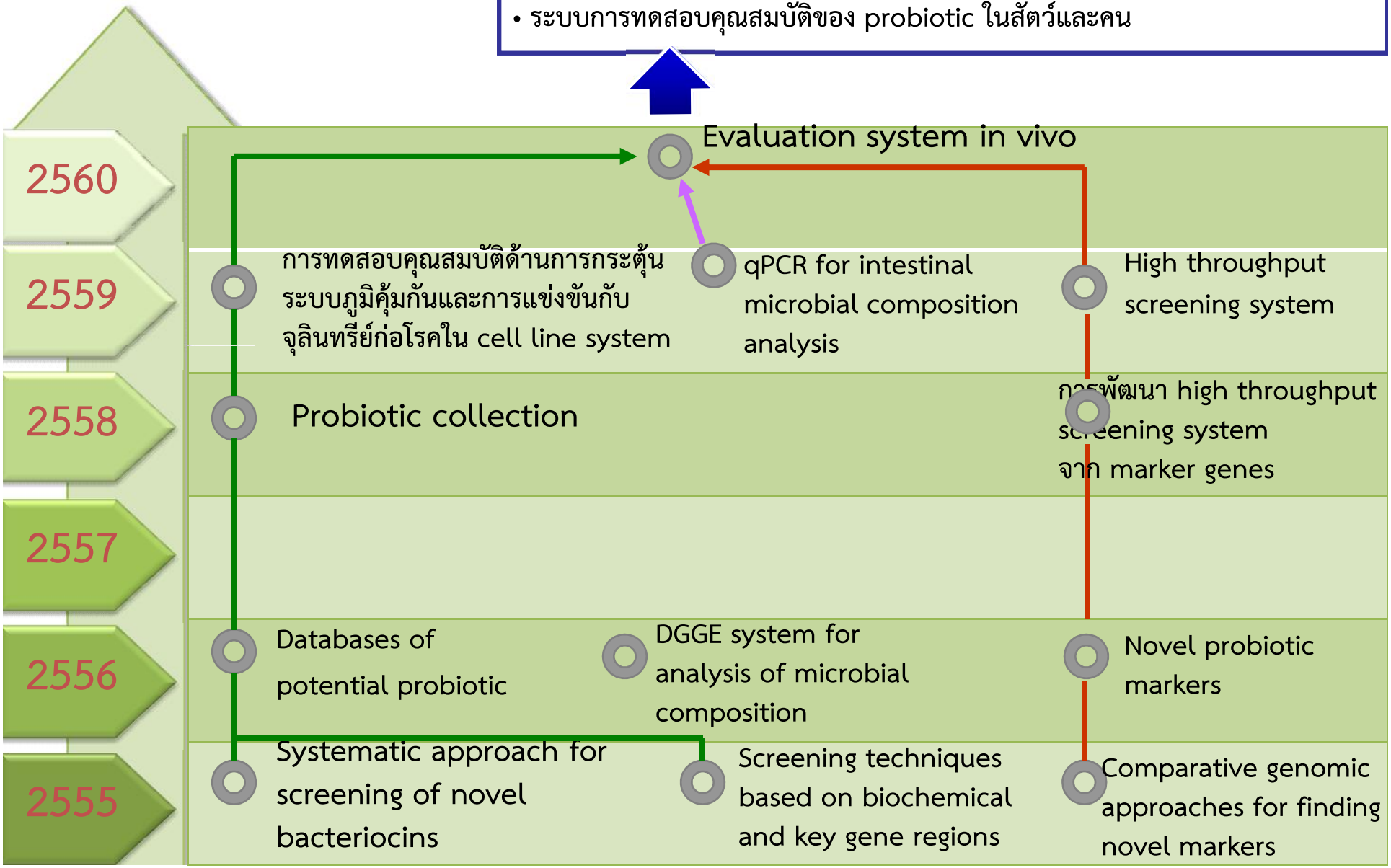
Probiotic platform



งานวิจัยด้านโปรไบโอติกส์

เป้าหมาย

- Probiotic cultures จาก local sources ที่สามารถใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพได้ทั้งในสัตว์และคน
- กระบวนการคัดเลือกหาเชื้อ probiotic ที่มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว
- ระบบการทดสอบคุณสมบัติของ probiotic ในสัตว์และคน



งานวิจัยด้านโปรไบโอติกส์

เป้าหมาย

• Probiotic cultures จาก local sources ที่สามารถใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพได้ทั้งในสัตว์และคน

อาหารเสริมคน

ผลที่ผ่านมา

• เชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Lactobacillus* ประมาณ 40 สายพันธุ์มีความสามารถทนกรด ทนเกลือน้ำดี และมียีนที่มีศักยภาพในการบ่งชี้คุณสมบัติเป็นโปรไบโอติกส์

•เชื้อแบคทีเรียกลุ่มแลคติคที่แยกได้จากตัวอย่างนมแม่ อุจจาระเด็กอ่อน และนมหมักจากต่างประเทศจำนวน 172 ไอโซเลทมีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์บีต้า-กาแลคโตไซเดส เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับอุตสาหกรรมนม

แผนปี 2558

กรรมวิธีการผลิตชีวมวลของโปรไบโอติกส์ที่มีศักยภาพและมีต้นทุนถูก (ร่วมกับภาคเอกชน)

Probiotic collection- Genus Bifidobacterium และ lactobacillus

งานวิจัยด้านโปรไบโอติกส์ (อาหารเสริมสุกร)

เป้าหมาย ได้เชื้อแบคทีเรียกรดแลกติกจากมูลสุกรที่มีคุณสมบัติการเป็นโปรไบโอติกส์ เพื่อเป็นอาหารเสริมสำหรับสุกร

2557	2558	2559	2560
เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกจากมูลสุกรที่มีศักยภาพ 3 สายพันธุ์ เพื่อเป็นอาหารเสริมสุกร (ร่วมเอกชน)	จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ที่มีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการใช้พรีไบโอติก (สกว.)	ผลการใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกส์ควบคู่กับสารพรีไบโอติก ต่อ microbiota ของมูลสุกร (สกว.)	ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียในมูลลูกสุกรกับอาหารที่มีส่วนผสมของโปรไบโอติกส์และพรีไบโอติก (สกว.)

ผลปี 2558 คัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากตัวอย่างมูลสุกร ปัจจุบันอยู่ระหว่างการตรวจสอบสปีชีส์ของเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกโดยใช้ซอฟแวร์ BioTyper

ฐานข้อมูลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ

แผนปี 2558 ได้เชื้อ *Lactobacillus* spp. ที่มีคุณสมบัติเด่นที่มีความเป็นเชื้อโปรไบโอติกส์

การตรวจสอบศักยภาพการเป็นเชื้อโปรไบโอติกส์ของเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Lactobacillus* spp. จาก BCC เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับสัตว์เลี้ยงในฟาร์ม (ทน Ri)

การผลิตอนุภาคสตาร์ชผลึกนาโนจากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นสารห่อหุ้มสำหรับนำส่งเซลล์โปรไบโอติกส์ผ่านระบบทางเดินอาหาร (ทุน วช.)

ความร่วมมือระหว่างคณะผู้วิจัย ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และหน่วยวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพอาหาร

ศึกษาการใช้เทคนิคการห่อหุ้มเซลล์โดยใช้สารอัลจิเนตร่วมกับอนุภาคสตาร์ชผลึกนาโน เพื่อเพิ่มการรอดชีวิตของโปรไบโอติกส์ในทางเดินอาหาร รวมทั้งการศึกษาการทนต่อกรดและเกลือน้ำดีและปัจจัยที่มีผลต่อเซลล์ที่ถูกห่อหุ้ม และศึกษาประสิทธิภาพการปลดปล่อยของเซลล์ออกจากเม็ดเจล และการรอดชีวิตของโปรไบโอติกส์ที่ผ่านการห่อหุ้มเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

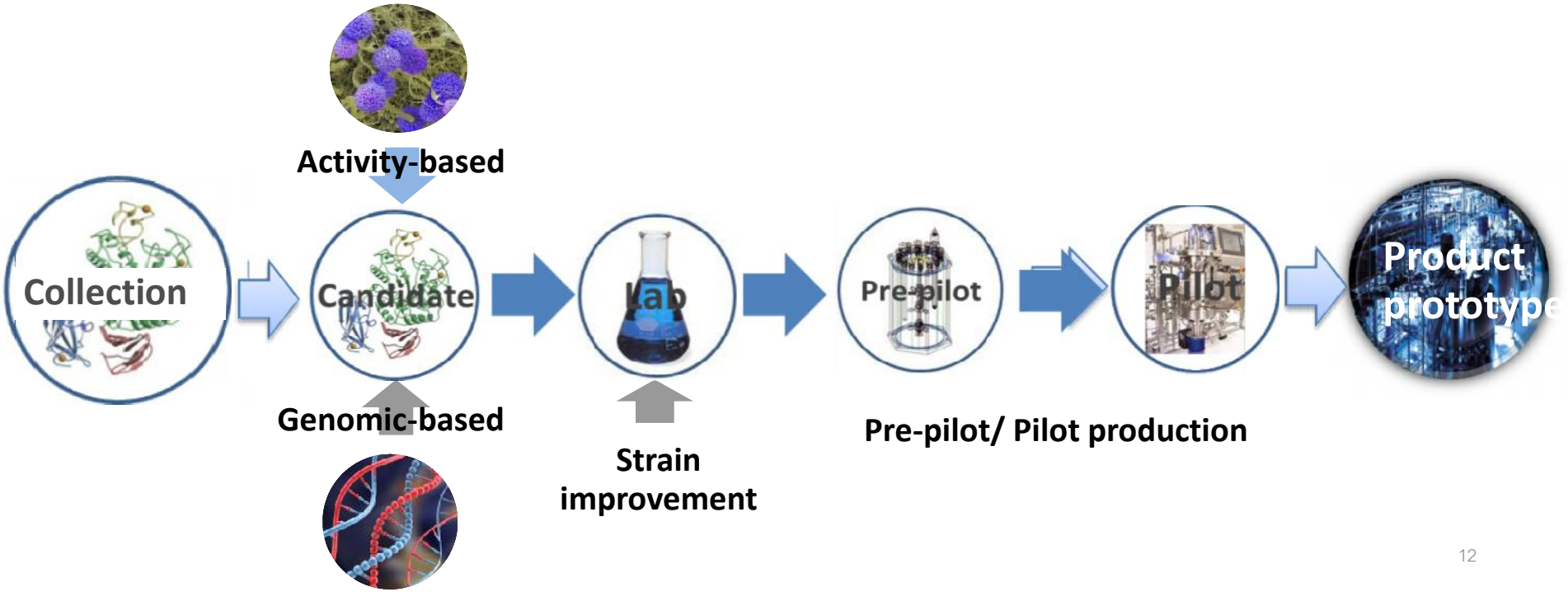
2558

- กระบวนการผลิตแคปซูลโปรไบโอติกส์จากแอลจิเนตผสมอนุภาคสตาร์ชผลึกนาโน จากมันสำปะหลัง
- ต้นแบบการผลิตแคปซูลโปรไบโอติกส์ด้วยแอลจิเนตเสริมแรงด้วยอนุภาคสตาร์ชผลึกนาโน

2559

ต้นแบบการใช้แคปซูลโปรไบโอติกส์ในผลิตภัณฑ์อาหาร 1 ชนิด

Probiotic platform



ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร

โดยที่เป็นการสมควรกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกให้เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัยต่อการบริโภค

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ และมาตรา ๖ (๓) (๔) (๕) และ (๑๐) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๓ และมาตรา ๔๕ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

"จุลินทรีย์โพรไบโอติก (Probiotic)" หมายความว่า จุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ทั้งนี้ไม่รวมถึง

(๑) จุลินทรีย์ ที่ใช้เป็นสารชีวบำบัด (biotherapeutic agents)

(๒) จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (beneficial microorganisms) ที่ไม่ใช้ในอาหาร

(๓) จุลินทรีย์ที่ได้จากการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Microorganism, GMM)

(๔) จุลินทรีย์ บักเตรี แบคทีเรีย หรือยีสต์ ตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ดังต่อไปนี้

จุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติกส์

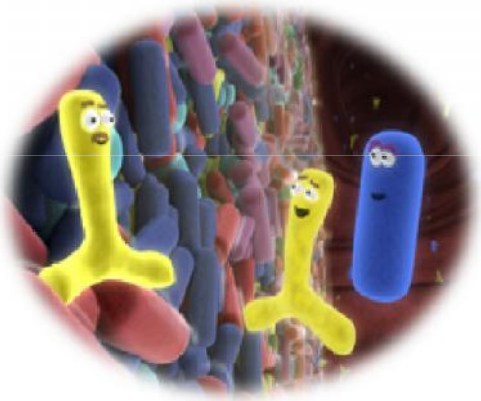
เล่ม ๑๒๘ ตอนพิเศษ ๘๖ ง ราชกิจจานุเบกษา หน้า ๒๑ ๓ สิงหาคม ๒๕๕๔

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข
เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร

๑.	บาซิลลัส โคแอกกูแลน	*Bacillus coagulans*
๒.	บิฟิโดแบคทีเรียม อะโดเลสเซนทิส	*Bifidibacterium adolescentis*
๓.	บิฟิโดแบคทีเรียม อะนิมอลิส	*Bifidobacterium animalis*
๔.	บิฟิโดแบคทีเรียม บิฟิดัม	*Bifidobacterium bifidum*
๕.	บิฟิโดแบคทีเรียม เบรเว	*Bifidobacterium breve*
๖.	บิฟิโดแบคทีเรียม อินฟานทิส	*Bifidobacterium infantis*
๗.	บิฟิโดแบคทีเรียม แล็กทิส	*Bifidobacterium lactis*
๘.	บิฟิโดแบคทีเรียม ลองกัม	*Bifidobacterium longum*
๙.	บิฟิโดแบคทีเรียม ซูโดลองกัม	*Bifidobacterium pseudolongum*
๑๐.	เอ็นเทอโรค็อกคัส ดูแรน	*Enterococcus durans*
๑๑.	เอ็นเทอโรค็อกคัส เฟเซียม	*Enterococcus faecium*
๑๒.	แล็กโทบาซิลลัส แอซิโดฟิล้ัส	*Lactobacillus acidophilus*
๑๓.	แล็กโทบาซิลลัส คริสปาทัส	*Lactobacillus crispatus*
๑๔.	แล็กโทบาซิลลัส แก๊สเซอรี	*Lactobacillus gasseri*
๑๕.	แล็กโทบาซิลลัส จอห์นโซนอิ	*Lactobacillus johnsonii*
๑๖.	แล็กโทบาซิลลัส พาราคาเซอิ	*Lactobacillus paracasei*
๑๗.	แล็กโทบาซิลลัส รียูเทอรี	*Lactobacillus reuteri*
๑๘.	แล็กโทบาซิลลัส รามโนซัส	*Lactobacillus rhamnosus*
๑๙.	แล็กโทบาซิลลัส ซาลิวาเรียส	*Lactobacillus salivarius*
๒๐.	แล็กโทบาซิลลัส ซีอี	*Lactobacillus zeae*
๒๑.	โพรพิโอนิแบคทีเรียม อะราไบโนซัม	*Propionibacterium arabinosum*
๒๒.	สแตปฟิโลคอคคัส ไซน์ยูรี	*Staphylococcus sciuri*
๒๓.	แซ็กคาโรไมซีส เซรีวิซีอี สับสปีชีย์ บัวลาดิอิ	*Saccharomyces cerevisiae subsp. Boulardii*

B

บิฟิโดแบคทีเรียม



L

แล็กโทบาซิลลัส

Table 1

Metabolic effects of different probiotic strains in rodents.

Strains	BW	FM	Glucose	Inflammation	TG	Chol.	Fatty liver	Model	Animal group size	Ref.
Lactobacillus plantarum OLL2712	–	–	↓	↓ (Fat)	–	–	–	DIO mice, 12 weeks	9–10	[32]
Lactobacillus plantarum LG42	↓	↓	ND	ND	↓	↑	↓	DIO mice, 12 weeks	10	[40]
Lactobacillus plantarum TN8	↓	ND	ND	ND	↓	↓	ND	Rats	5–6	[24]
Lactobacillus plantarum KY1032 + Lactobacillus curvatus HY7601	↓	↓	ND	↓ (fat: TNFα, IL1β, IL6, MCP-1)	ND	↓	ND	DIO mice, 8 weeks	9	[30]
Lactobacillus plantarum KY1032	–									34]
Lactobacillus curvatus HY7601	↓									34]
Lactobacillus plantarum KY1032 + Lactobacillus curvatus HY7601	↓									34]
Lactobacillus plantarum No. 14	–									29]
Lactobacillus plantarum WCSF1	–									58]
Lactobacillus rhamnosus GG	↓ (8									85]
Lactobacillus rhamnosus GG	–							8 weeks		43]
Lactobacillus paracasei CNCM I-4270	↓	ND	↓	↓ (liver TNFα and adipose tissue macrophages)	ND	ND	↓	DIO mice, 12 weeks	8	[46]
Lactobacillus. rhamnosus CNCM I-3690	↓	ND	↓	↓ (liver TNFα and adipose tissue macrophages)	ND	ND	↓	DIO mice, 12 weeks	8	[46]
Bifidobacterium animalis subsp. lactis CNCM I-2494	↓	ND	–	↓ (liver TNFα and adipose tissue macrophages)	ND	ND	↓	DIO mice, 12 weeks	8	[46]
Lactobacillus paracasei CNCM I-4034,	ND	ND	–	↓ LPS (serum IL6)	–	–	↓	Zucker fa/fa rats, 4 weeks	8	[41]
Bifidobacterium breve CNCM I-4035	ND	ND	–	↓ LPS (serum TNFα)	–	–	↓	Zucker fa/fa rats, 4 weeks	8	[41]
Lactobacillus rhamnosus CNCM I-4036	ND	ND	–	↓ LPS (serum TNFα)	–	–	↓	Zucker fa/fa rats, 4 weeks	8	[41]
A mix of the above three strains	ND	ND	–	↓ LPS (serum TNFα)	–	–	↓	Zucker fa/fa rats, 4 weeks	8	[41]
Lactobacillus gasseri SBT2055	↓	↓	ND	–	ND	ND	↓	Mice, 10% fat diet, 24 weeks	10	[37]
Lactobacillus gasseri BNR17	↓	↓	=	=	=	=	↓	High-sucrose DIO mice, 10 weeks	8	[27]
Lactobacillus reuteri ATCC 6475	↓	↓	ND	↓ (adipose tissue macrophages)	ND	ND	ND	DIO mice, 12 weeks	5	[31]
Lactobacillus coryniformis CECT5711	–	–	↓	↓ (liver TNFα, IL1β, MCP-1, JNK)	–	–	ND	DIO mice, 12 weeks	10	[45]

BW, body weight; FM, fat mass; TG, blood triglycerides; Chol., blood cholesterol; –, no change compared with the appropriate control (i.e., pathological situation); ↓, significantly decreased; ↑, significantly increased; ND, not determined; DIO, diet-induced obesity; inflammation, the targeted organ is mentioned in parentheses.

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Current Opinion in Biotechnology

ELSEVIER

Novel opportunities for next-generation probiotics targeting metabolic syndrome

Patrice D Cani and Matthias Van Hul

Probiotics in food

Health and nutritional properties and guidelines for evaluation

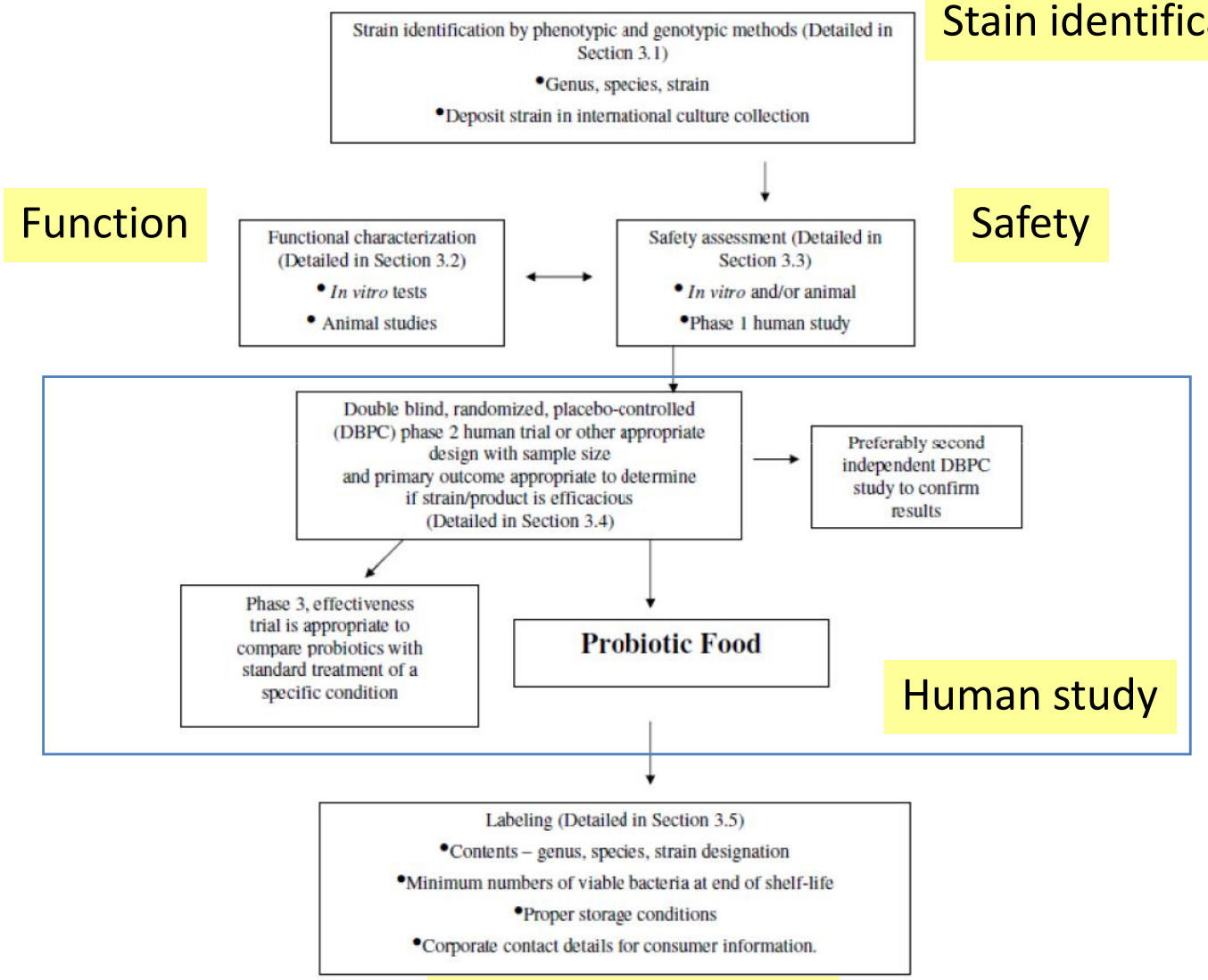
FAO
FOOD AND
NUTRITION
PAPER
85

Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria
Cordoba, Argentina, 1–4 October 2001

Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food
London, Ontario, Canada, 30 April–1 May 2002

Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the *Evaluation of Probiotics in Food*
London, Ontario, Canada, 30 April - 1 May 2002

Figure 1. Guidelines for the Evaluation of Probiotics for Food Use



Stain identification

Function

Safety

Human study

Labeling and claims

European Food Safety Authority

EFSA Journal 2012;10(6):2740

SCIENTIFIC OPINION[1]

Guidance on the assessment of bacterial susceptibility to antimicrobials of human and veterinary importance[2]

EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP)[3,4]

European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy

ABSTRACT

This Guidance document is intended to provide a method to identify resistance to antimicrobials of human and veterinary importance in bacterial strains intended for use as feed additives. Such tests should be made in a consistent manner using internationally recognised and standardised methods. As a basic requirement, the minimum inhibitory concentration of the antimicrobials should be determined for each of the following substances: ampicillin, vancomycin, gentamicin, kanamycin, streptomycin, erythromycin, clindamycin, tetracycline, chloramphenicol and, in specific cases, tylosine, apramycin, nalidixic acid, sulfonamide and trimethoprim. These antimicrobials are chosen to detect a wide range of determinants for resistance. The cut-off values identified by the FEEDAP Panel should be seen as a pragmatic response intended to introduce consistency in the separation of strains with acquired resistance from susceptible strains. These values are not intended for any purpose other than the assessment of microbial products for the possible presence of antimicrobial resistance. When a bacterial strain demonstrates higher resistance to a specific antimicrobial than the other strains of the same taxonomical unit, the presence of acquired resistance is indicated and additional information is needed on the genetic basis of the antimicrobial resistance. Any bacterial strain carrying an acquired resistance to antimicrobial that is shown to be due to the acquisition of genetic determinant presents the greatest potential for horizontal spread and should not be used as a feed additive.

© European Food Safety Authority, 2012

KEY WORDS

Antimicrobial, guidance, safety, resistance, bacteria

[1] This guidance document replaces the previous EFSA opinion on the updating of the criteria used in the assessment of bacteria for resistance to antibiotics of human or veterinary importance, adopted on 18 June 2008. (EFSA Q 2008 004)

[2] On request from EFSA, Question No EFSA-Q-2011-01108, adopted on 23 May 2012. Revision 2 – 20/11/2012: minor editorial changes.

[3] Panel members: Gabriele Aquilina, Georges Bories, Andrew Chesson, Pier Sandro Cocconcelli, Joop de Knecht, Noël Albert Dierick, Mikolaj Antoni Gralak, Jürgen Gropp, Ingrid Halle, Christer Hogstrand, Lubomir Leng, Secundino López Puente, Anne-Katrine Lundebye Haldorsen, Alberto Mantovani, Giovanna Martelli, Miklós Mézes, Derek Renshaw, Maria Saarela, Kristen Sejrsen and Johannes Westendorf. Correspondence: FEEDAP@efsa.europa.eu

[4] Acknowledgement: The Panel wishes to thank wishes to thank the members of the Working Group on Micro-organisms, including Atte von Wright and Roland Lelercq, for the preparation of this opinion.

Suggested citation: EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP); Guidance on the assessment of bacterial susceptibility to antimicrobials of human and veterinary importance. EFSA Journal 2012;10(6):2740. [10 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2740. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal

© European Food Safety Authority, 2012

Figure 1. Proposed scheme for the antimicrobial resistance assessment of a bacterial strain used as a feed additive

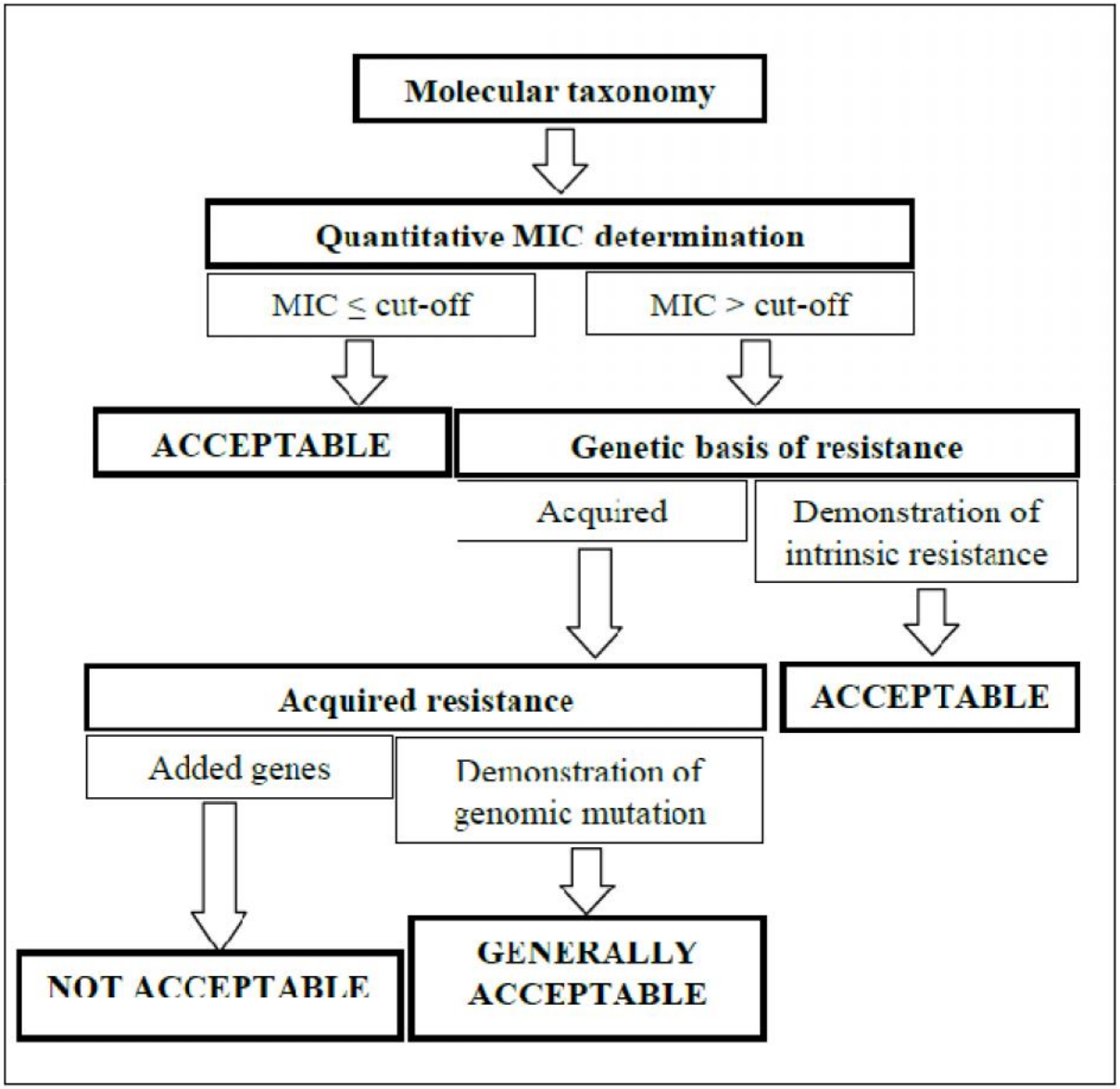
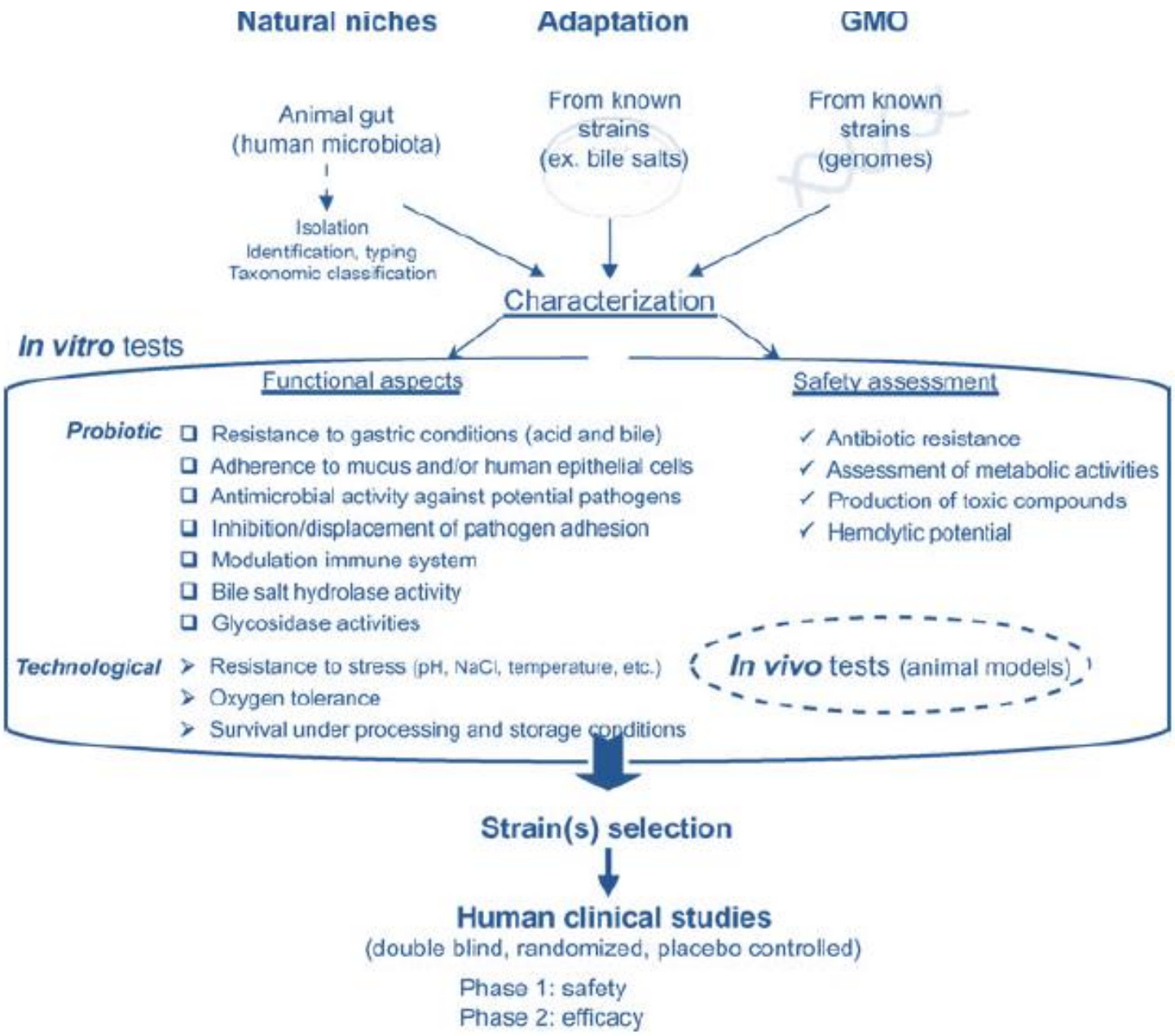


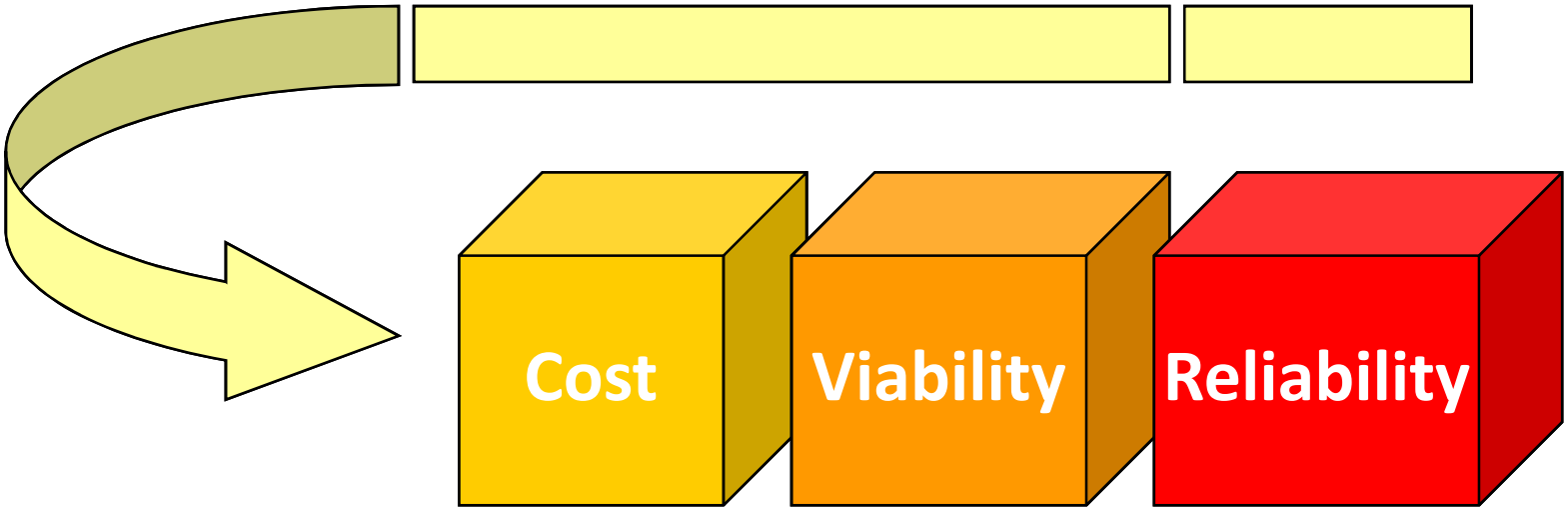
Table 1. Microbiological cut-off values (mg/L)

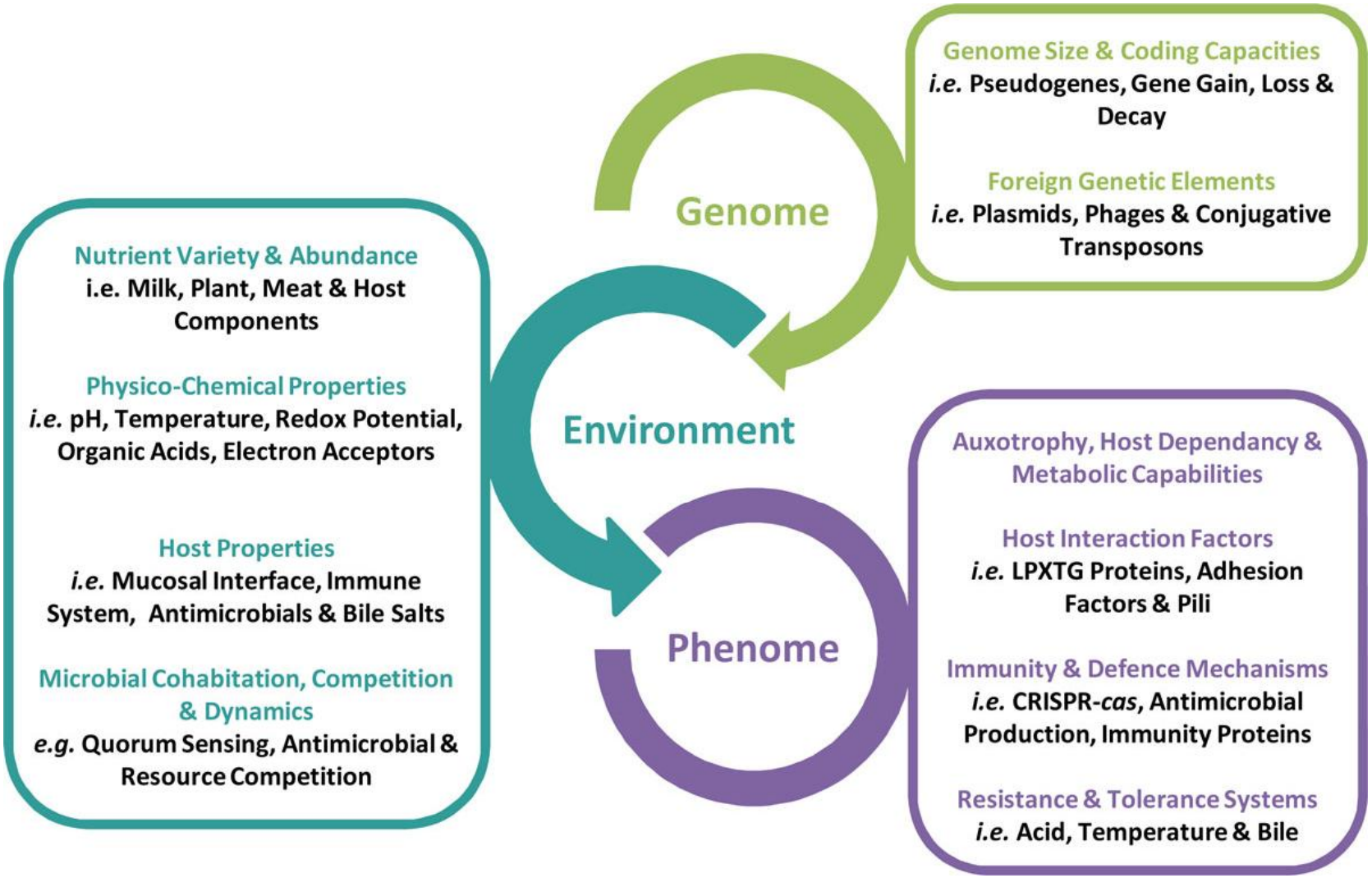
	ampicillin	vancomycin	gentamicin	kanamycin	streptomycin	erythromycin	clindamycin	tetracycline	chloramphenicol
Lactobacillus obligate homofermentative[a]	1	2	16	16	16	1	1	4	4
Lactobacillus acidophilus group	1	2	16	64	16	1	1	4	4
Lactobacillus obligate heterofermentative[b]	2	n.r.	16	32	64	1	1	8	4
Lactobacillus reuteri	2	n.r.	8	64	64	1	1	16	4
Lactobacillus facultative heterofermentative[c]	4	n.r.	16	64	64	1	1	8	4
Lactobacillus plantarum/pentosus	2	n.r.	16	64	n.r.	1	2	32	8
Lactobacillus rhamnosus	1	n.r.	16	64	32	1	1	8	1
Lactobacillus casei /paracasei	4	n.r.	32	64	64	1	1	4	4
Bifidobacterium	2	2	64	n.r.	128	1	1	8	4
Pediococcus	4	n.r.	16	64	64	1	1	8	4
Leuconostoc	2	n.r.	16	16	64	1	1	8	4
Lactococcus lactis	2	4	32	64	32	1	1	4	8
Streptococcus thermophilus	2	4	32	64	64	2	2	4	4
Bacillus spp	n.r.	4	4	8	8	4	4	8	8
Propionibacterium	2	4	64	64	64	0.5	0.25	2	2
Other Gram +	1	2	4	16	8	0.5	0.25	2	2

n.r. not required.
[a] including *L. delbrueckii, L. helveticus*
[b] including *L. fermentum*
[c] including the homofermentative species *L. salivarius*

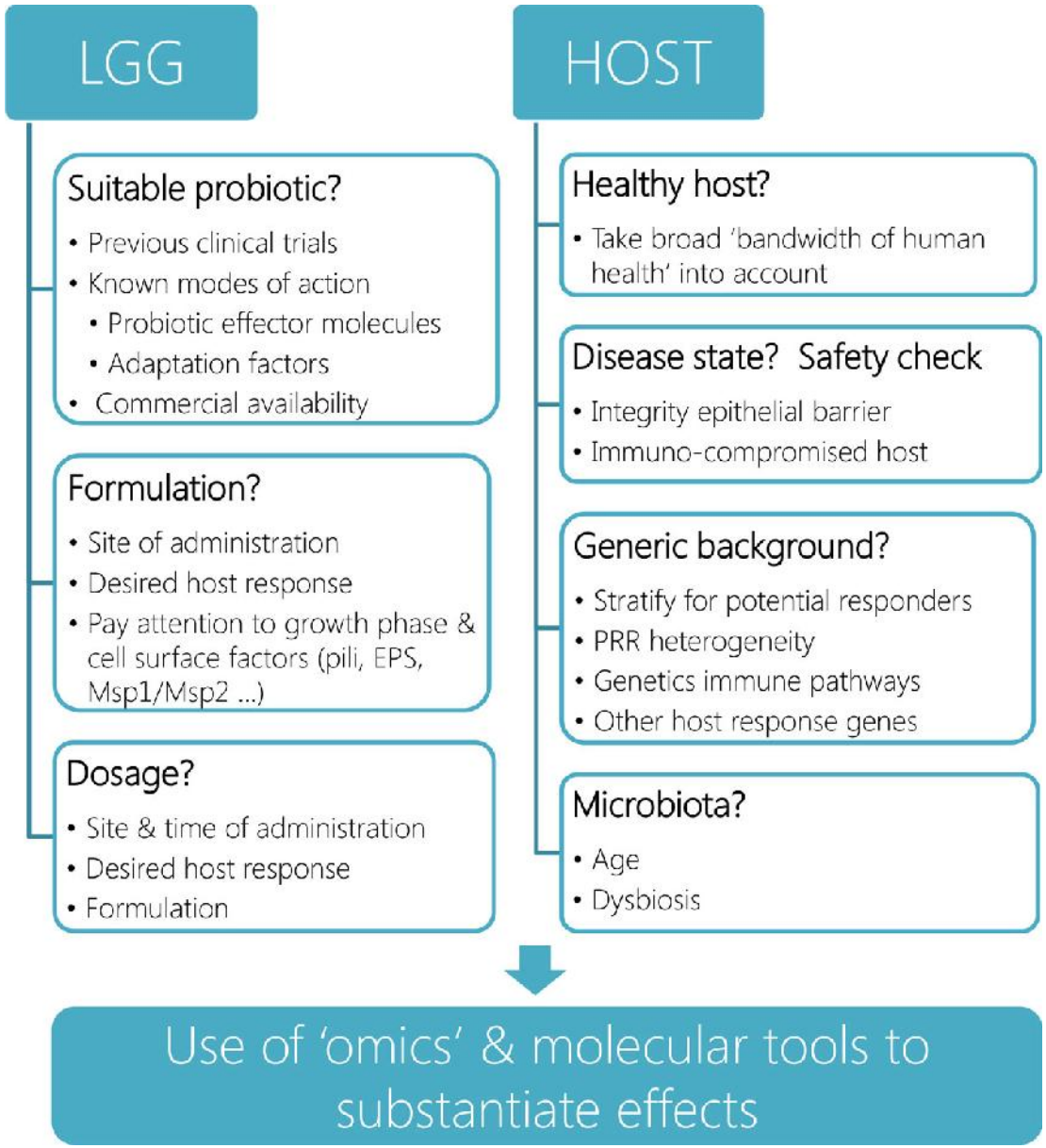

Natural niches
Adaptation
GMO
Animal gut
(human microbiota)
Isolation
Identification, typing
Taxonomic classification
From known
strains
(ex. bile salts)
From known
strains
(genomes)
Characterization
In vitro tests
Functional aspects
Safety assessment
Probiotic
Resistance to gastric conditions (acid and bile)
Adherence to mucus and/or human epithelial cells
Antimicrobial activity against potential pathogens
Inhibition/displacement of pathogen adhesion
Modulation immune system
Bile salt hydrolase activity
Glycosidase activities
Technological
Resistance to stress (pH, NaCl, temperature, etc.)
Oxygen tolerance
Survival under processing and storage conditions
Antibiotic resistance
Assessment of metabolic activities
Production of toxic compounds
Hemolytic potential
In vivo tests (animal models)
Strain(s) selection
Human clinical studies
(double blind, randomized, placebo controlled)
Phase 1: safety
Phase 2: efficacy

Probiotic platform





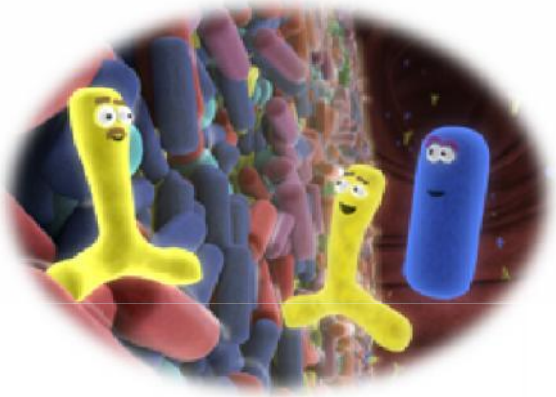
Douillard and de Vos *Microbial Cell Factories* 2014, **13**(Suppl 1):S8
http://www.microbialcellfactories.com/content/13/S1/S8



Segers and Lebeer *Microbial Cell Factories* 2014, **13**(Suppl 1):S7
http://www.microbialcellfactories.com/content/13/S1/S7

สรุป

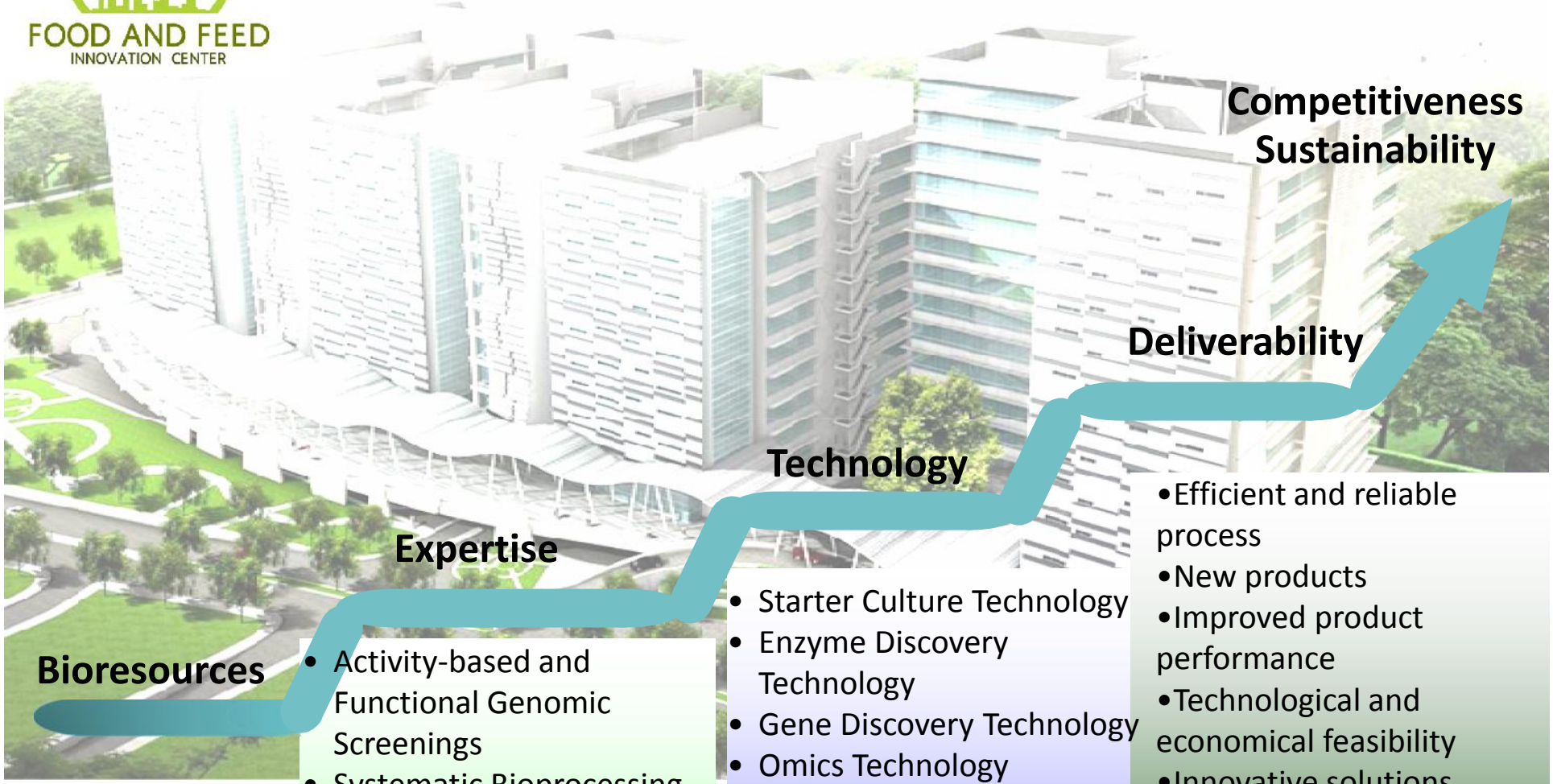
- โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ
  - รักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย
  - กีดกันและทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อโรค
  - เสริมการทำงานของระบบภูมิต้านทาน



- ความเป็นโพรไบโอติกขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ซึ่งต้องทำการคัดเลือกและทดสอบเป็นอย่างดีทั้งในสัตว์และคน (L และ B)
- เทคโนโลยีใหม่ๆ จะทำให้สามารถคัดเลือก เข้าใจกลไกการทำงานการตอบสนองในระดับเซลล์ การใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น

Food and Feed Innovation Center

FOOD AND FEED
INNOVATION CENTER



Competitiveness
Sustainability

Deliverability

Technology

Expertise

Bioresources

Microbe bank
Specialized and Functional microbes

- Activity-based and Functional Genomic Screenings
- Systematic Bioprocessing
- Food Safety
- Functional property of food proteins
- By-product Utilization

- Starter Culture Technology
- Enzyme Discovery Technology
- Gene Discovery Technology
- Omics Technology
- Strain Improvement

- Efficient and reliable process
- New products
- Improved product performance
- Technological and economical feasibility
- Innovative solutions

BIOTEC
a member of NSTDA

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
NATIONAL CENTER FOR GENETIC ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY

Thank you