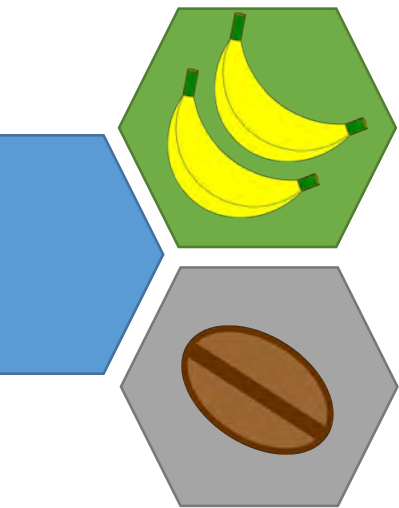




食品メタボロミクス



福崎研究室



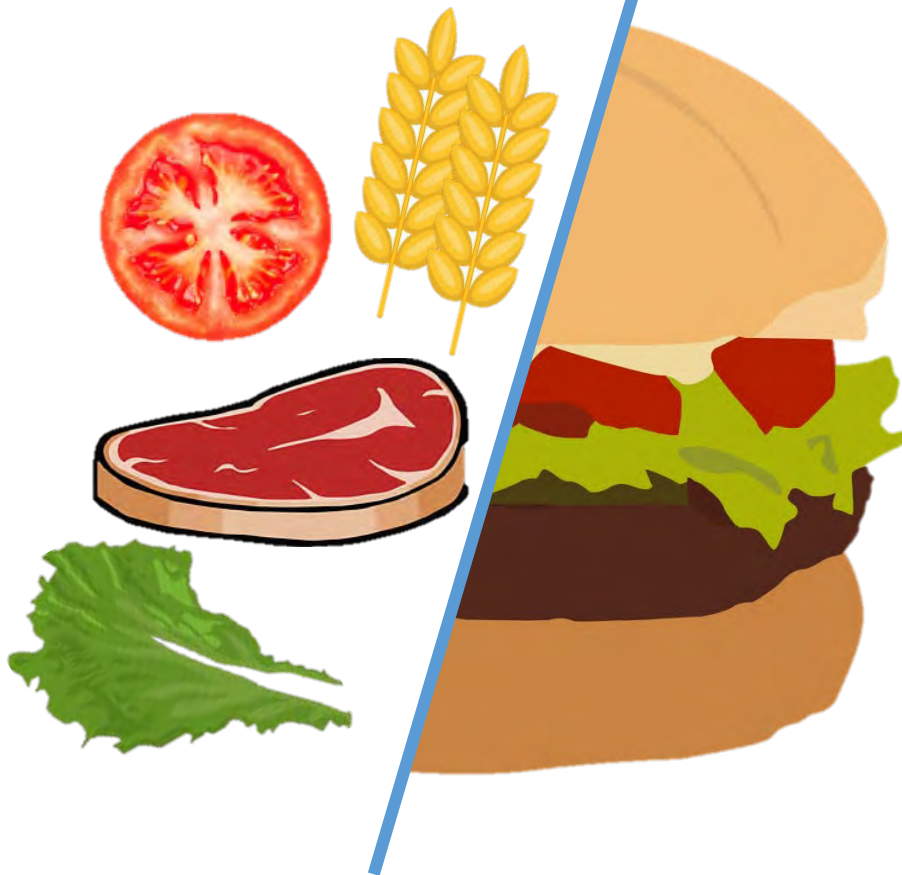
食品

に含まれる成分の変化

食品加工中の

要素

環境
調理工程
取扱い方
保存方法



食味特性

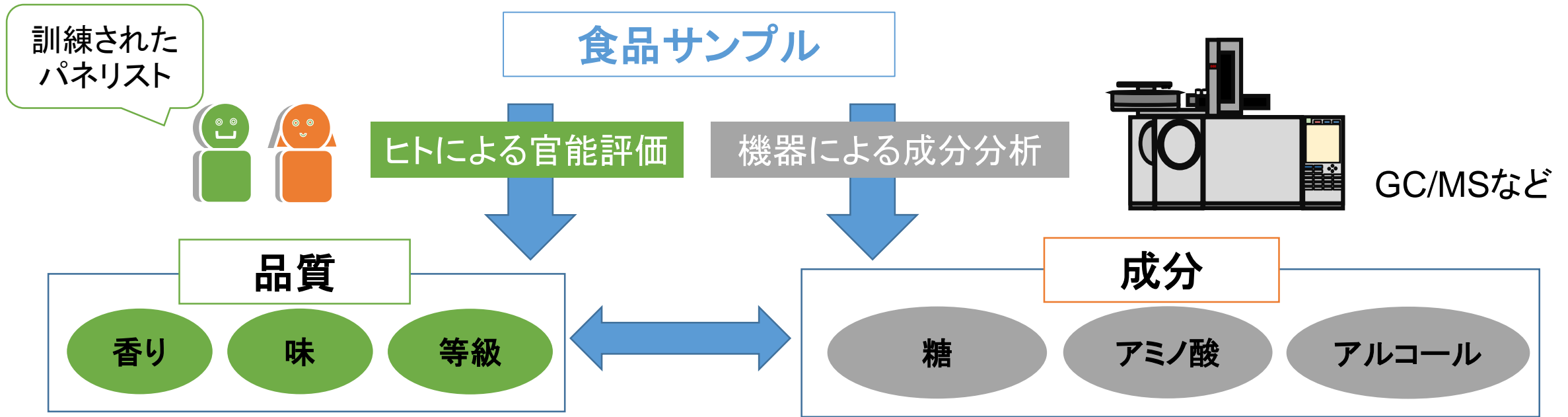
への影響

味
香り
見た目
舌触り



食品メタボロミクス

食品中に含まれる膨大な種類の成分は食品の味や香りなどの品質に複雑に関係するメタボロミクスの技術を応用し、食品の品質と成分の関係を明らかにすることを目的とし研究を行っている



品質－成分間の関係を解析

官能評価によって得られた品質データと分析機器によって得られた成分データを多変量解析などの統計学的手法を主に用い、品質と成分の関連を解析



様々な食品への応用

メタボロミクスは農産物や発酵食品など、幅広い食品に応用されている

福崎研での研究対象食品

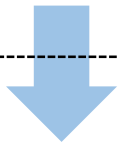




応用例①果物の成熟段階予測の研究

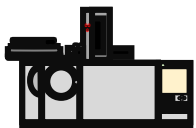
- バナナやマンゴスチンなどは収穫後エチレンが生成されることによって追熟し、味や果実の色が変化する
- 果実の色の変化は成熟度合いを判断するパラメーターとして用いられている

サンプル収集



メタボロミクス解析

説明変数



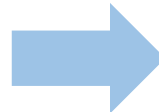
メタボローム解析
(GC/MS)

色の測定

応答変数

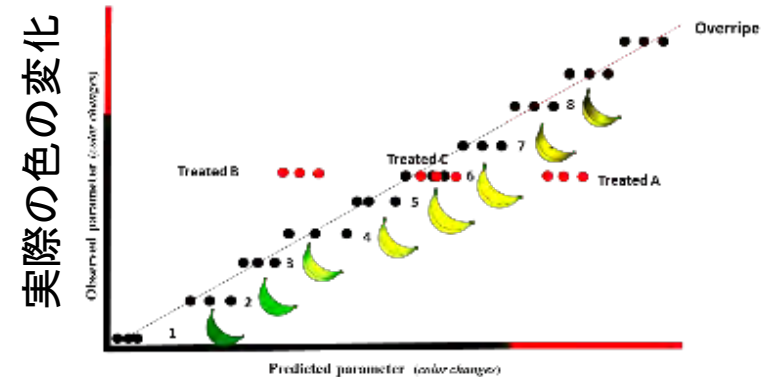


比色計
(CM-2500)



データ解析

- PLSモデルを用い、色の変化と代謝物プロファイルの関係性を示す
- 代謝物情報をもとに成熟段階を予測する



代謝物情報をもとに予測された値

成熟過程や収穫後の保存技術の向上への利用を期待

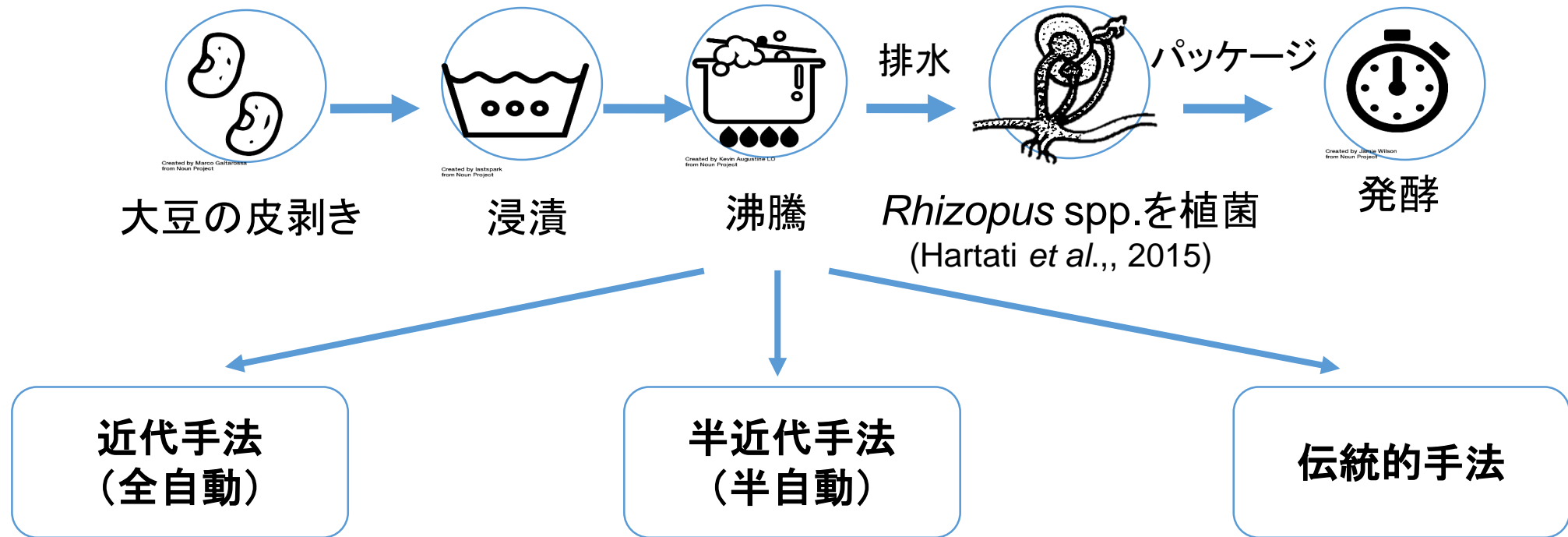


応用例②製造工程・産地によるテンペの成分の違いの調査



- テンペ:カビを用い発酵させた大豆由来のインドネシア発酵食品
- タンパク質を豊富に含むため、肉の代替にもなる重要な食品

テンペの製造工程



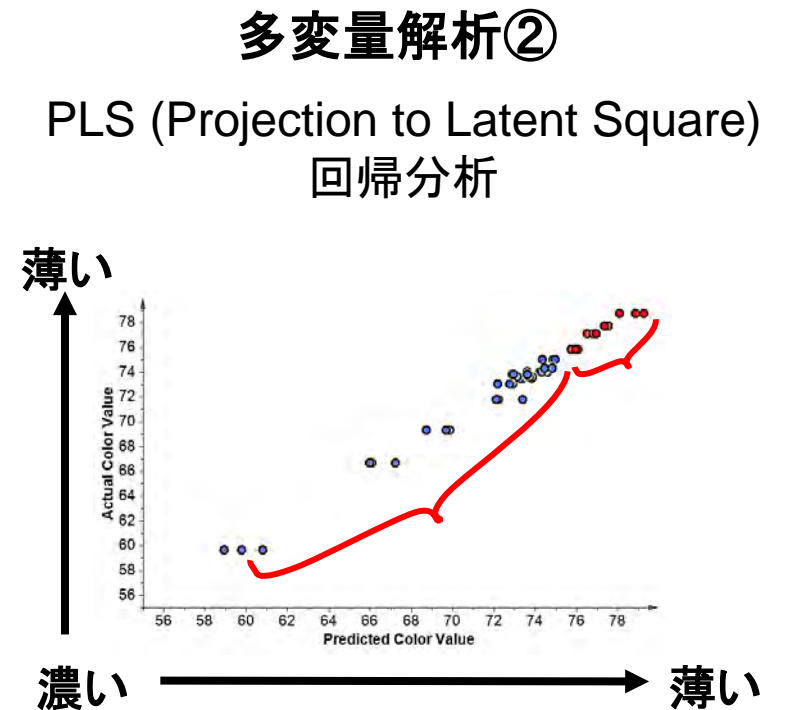
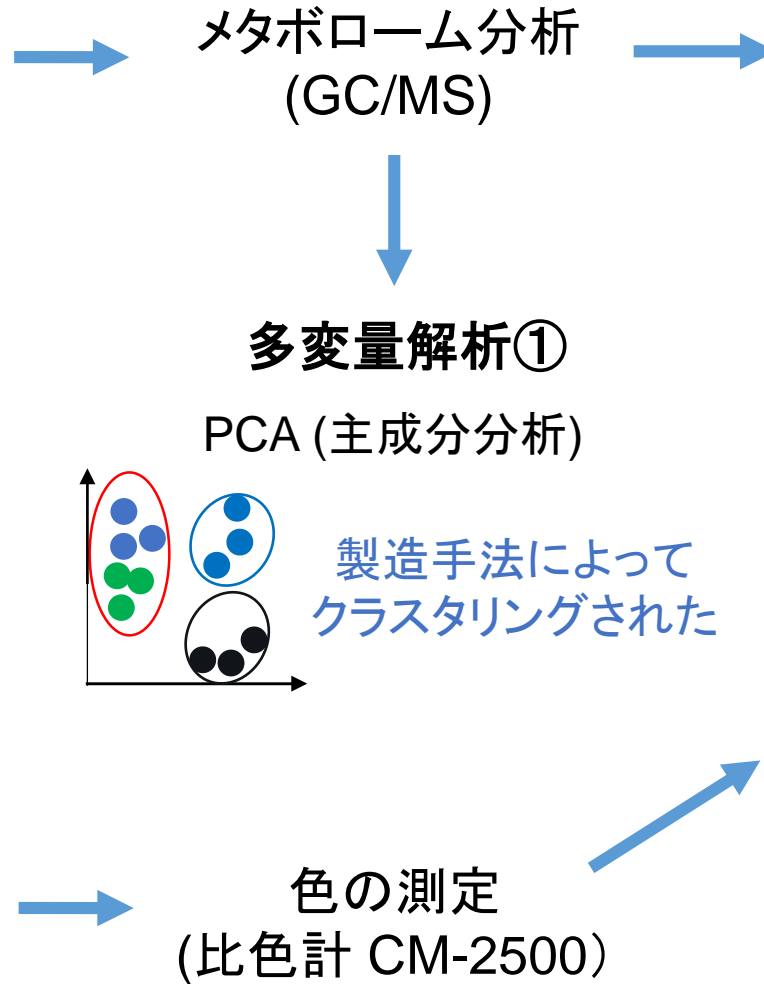
製造工程や原材料(大豆や水)などにより、製品の成分プロファイルが異なる



応用例②製造工程・産地によるテンペの成分の違いの調査

メタボロミクスを用い、テンペの**製造方法**や**製造地域**の違いを解析

手法	地域	
	都市	ジャワ島
伝統的	Bandung	West
	Bandung	West
	Bogor	West
	Malang	East
	Malang	East
	Malang	East
	Purwokerto	Central
	Purwokerto	Central
	Surabaya	East
	Surabaya	East
半近代	Bogor	West
	Bogor	West
	Yogyakarta	Central
	Yogyakarta	Central
近代	Surabaya	East



伝統的手法で製造されたテンペは半近代手法のテンペより色が濃い
→2-aminodipic acid、hydroxybutiric acid、inositolが関連

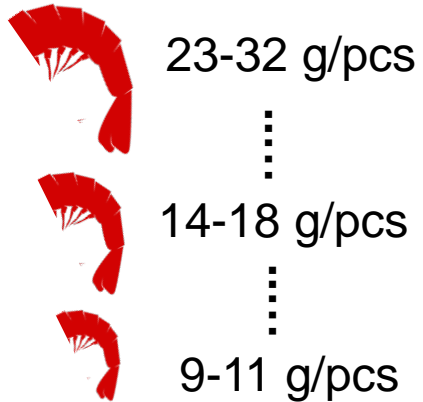


応用例③バナメイエビの官能評価スコア予測

現在日本では養殖エビの評価方法がなく、成分特性など詳細な情報はない

サイズ測定

従来の方法：
大きさをもとに等級を判断

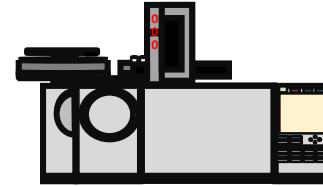


官能評価

パネリストによる品質評価

	強度		
	A	B	C
うま味	x	x	x
甘味	x	x	x
塩味	x	x	x

成分分析



ハンターゲット
メタボロミクス解析
(GC/MS)
親水性低分子化合物

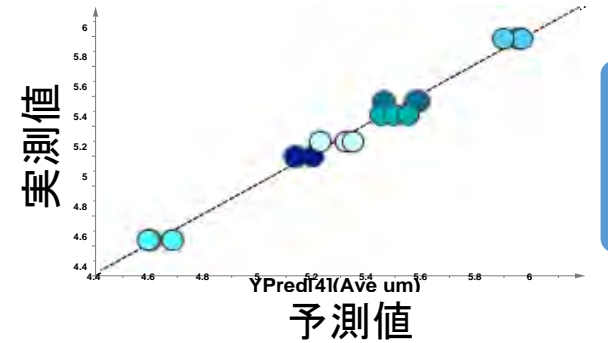
？ サイズと官能評価の関係性は？

サイズと官能評価には相関がなかった

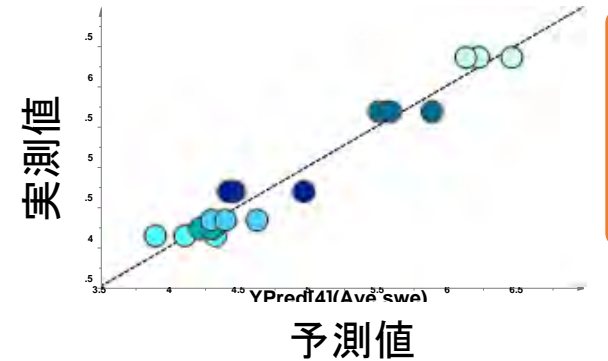
？ メタボロミクスと官能評価の関係性は？

メタボロミクスによりスコア予測モデルを作成できた

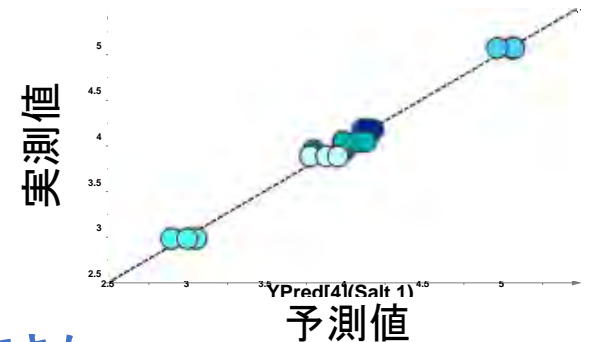
スコア予測モデル



うま味



甘味

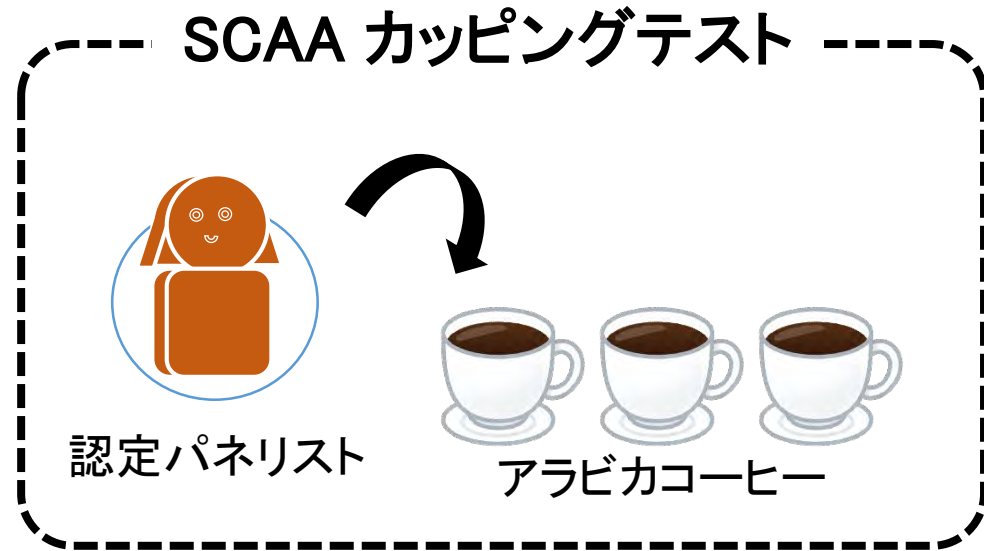


塩味



応用例④コーヒーの品質に相関のある化合物の探索

現在、コーヒーの品質評価は認定されたパネリストのみによるカップングテストで行われている



≥ 80 点 (100点満点中)



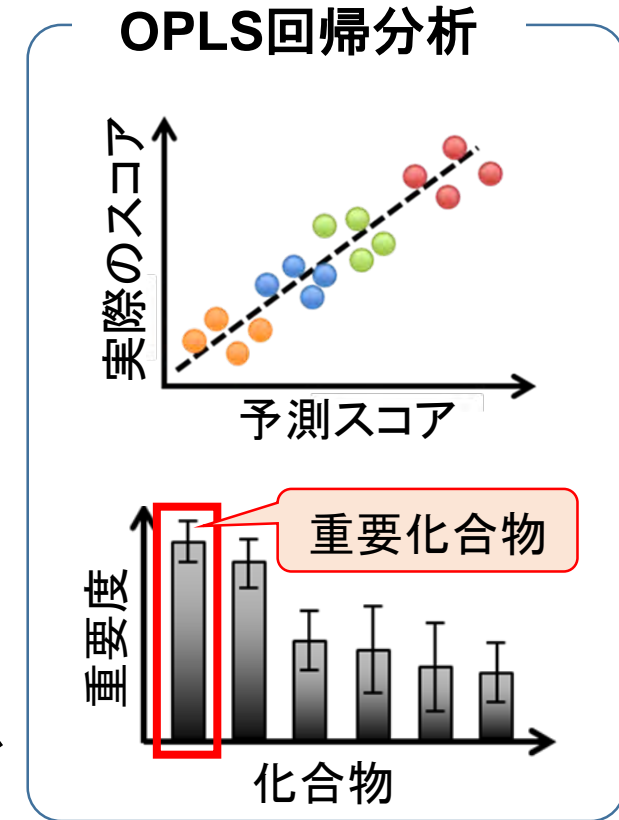
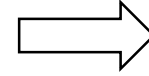
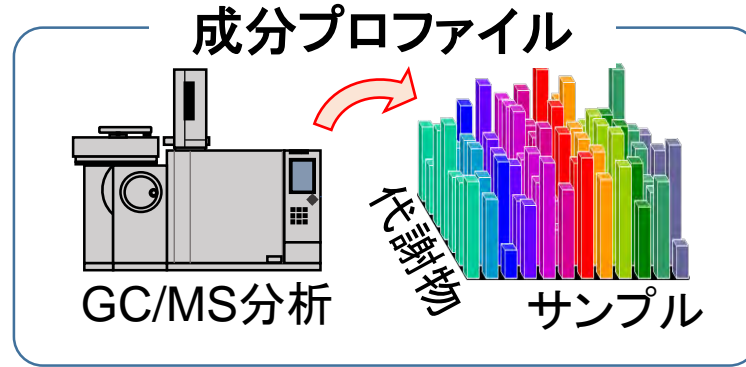
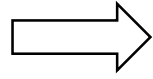
(SCAA: Specialty Coffee Association of America)

官能評価スコアとメタボロミクスによる成分プロファイルとの回帰分析により
コーヒーの品質に関わる重要な化合物を探索する



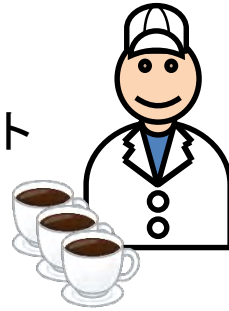
応用例④コーヒーの品質に相関のある化合物の探索

アラビカコーヒー

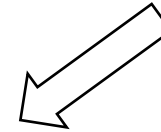
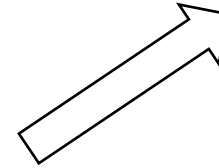


カップングテスト

パネリスト



サンプル	スコア
No.1	81
No.2	84
No.3	78
⋮	⋮
No.n	86



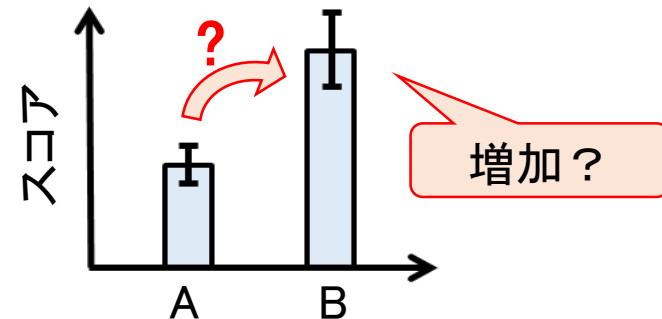
化合物添加試験による確認

パネリスト



A: コーヒー

B: コーヒー + 重要化合物

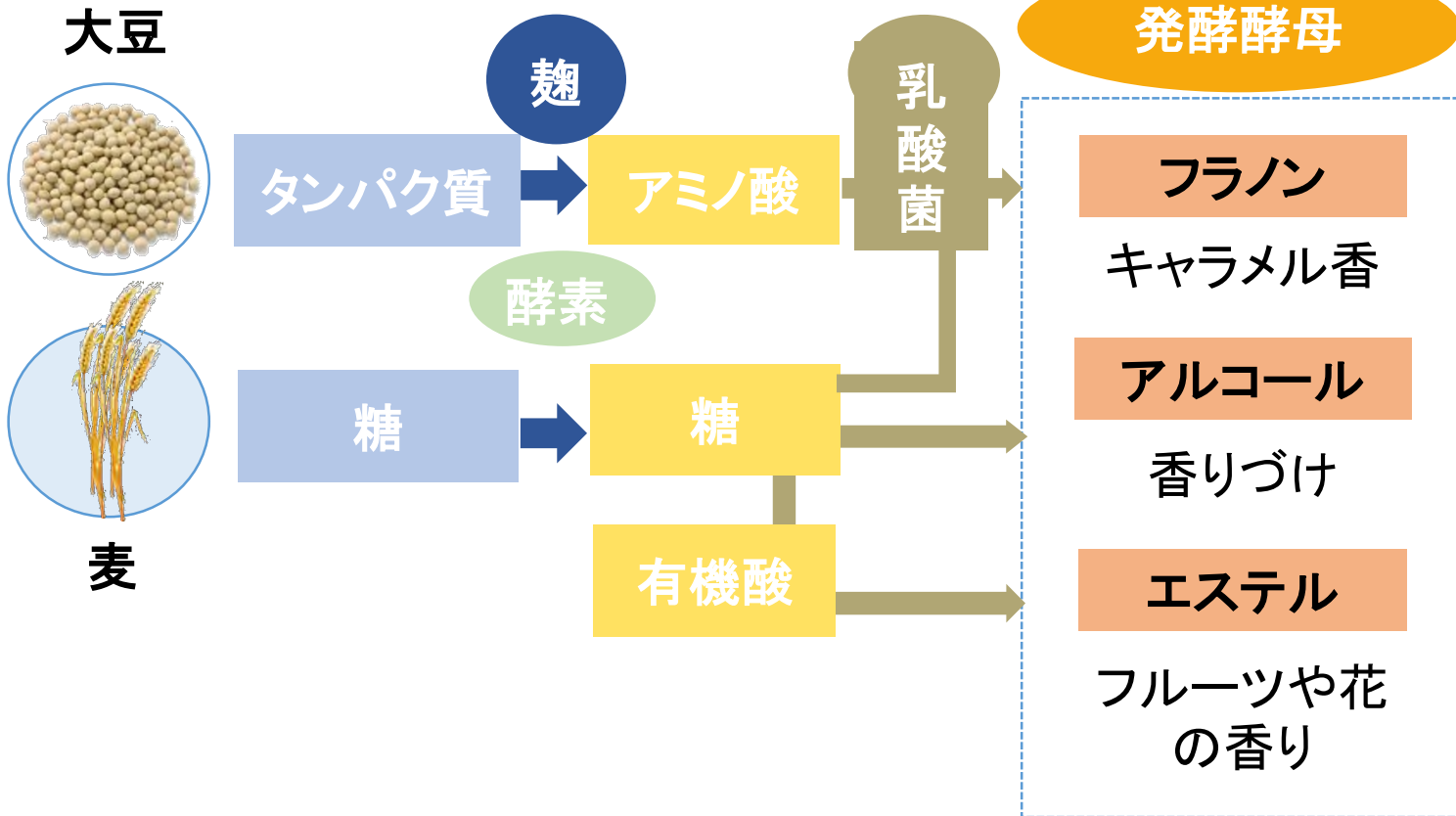




応用例⑤ 様々な原料由来のしょうゆの成分プロファイリング

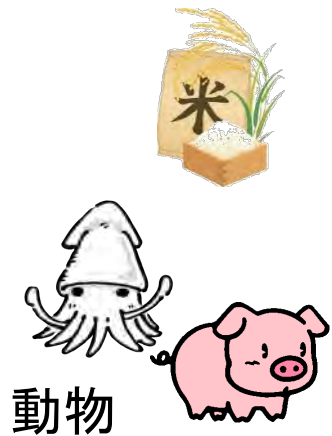
- しょうゆは和食における基本的な調味料の一つである
- 近年大豆以外の原料を用いたしょうゆ様調味料がつけられているが詳細な成分情報はない

発酵過程



原材料の違いによる食味特性への影響はまだ明らかにされていない

揮発性成分?



動物

親水性成分?



えんどう豆

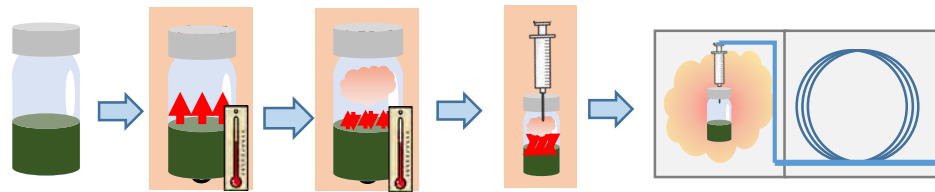
味の変化は?



応用例⑤ 様々な原料由来のしょうゆの成分プロファイリング

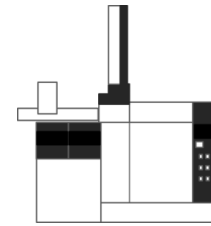
様々な原料由来のしょうゆサンプルに対し、GC/MSによる成分分析およびヒトによる官能評価を行う

成分プロファイル



ヘッドスペース法による香気成分分析

+ 糖やアミノ酸などの
親水性成分分析



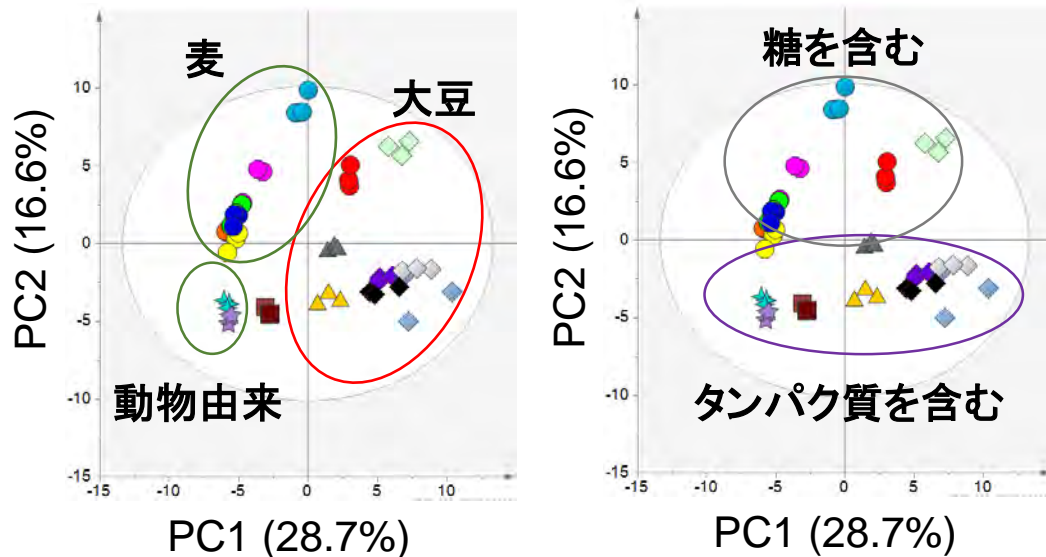
GC/MS

官能評価



プロジェクトブ
マッピング

PCA (主成分分析)スコアプロット



多変量解析結果

左: 原材料(麦、大豆、動物由来)により各しょうゆ様調味料がクラスタリングされた

右: それぞれのサンプルの成分プロファイルが明らかになった

応用例⑥しょうゆの成分プロファイリングと味の解析

24 しょうゆサンプル



日本 : 13
 中国 : 6
 アメリカ : 3
 その他 : 2

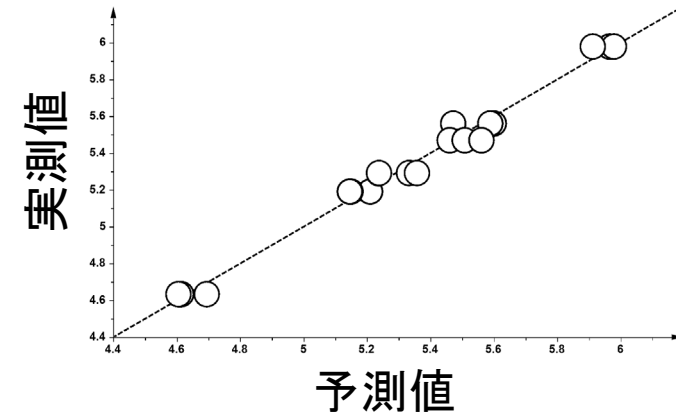
官能評価

	強度		
	A	B	C
うま味	X	X	X
甘味	X	X	X
塩味	X	X	X

応答変数

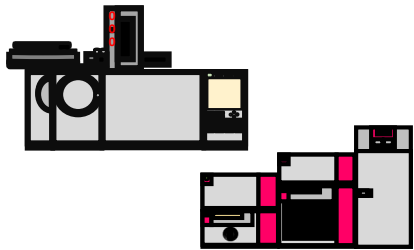
多変量解析

Projection to Latent Structure (PLS)



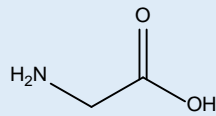
- メタボローム分析による各特性強度の予測
→ 高精度の予測が可能
- 各特性と相関の高い重要代謝物の特定
→ 糖類が重要

成分分析

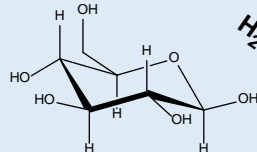


GC/MS & LC/MS

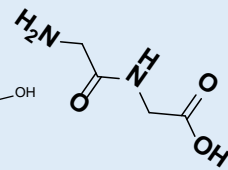
親水性低分子化合物とペプチド



アミノ酸



糖類



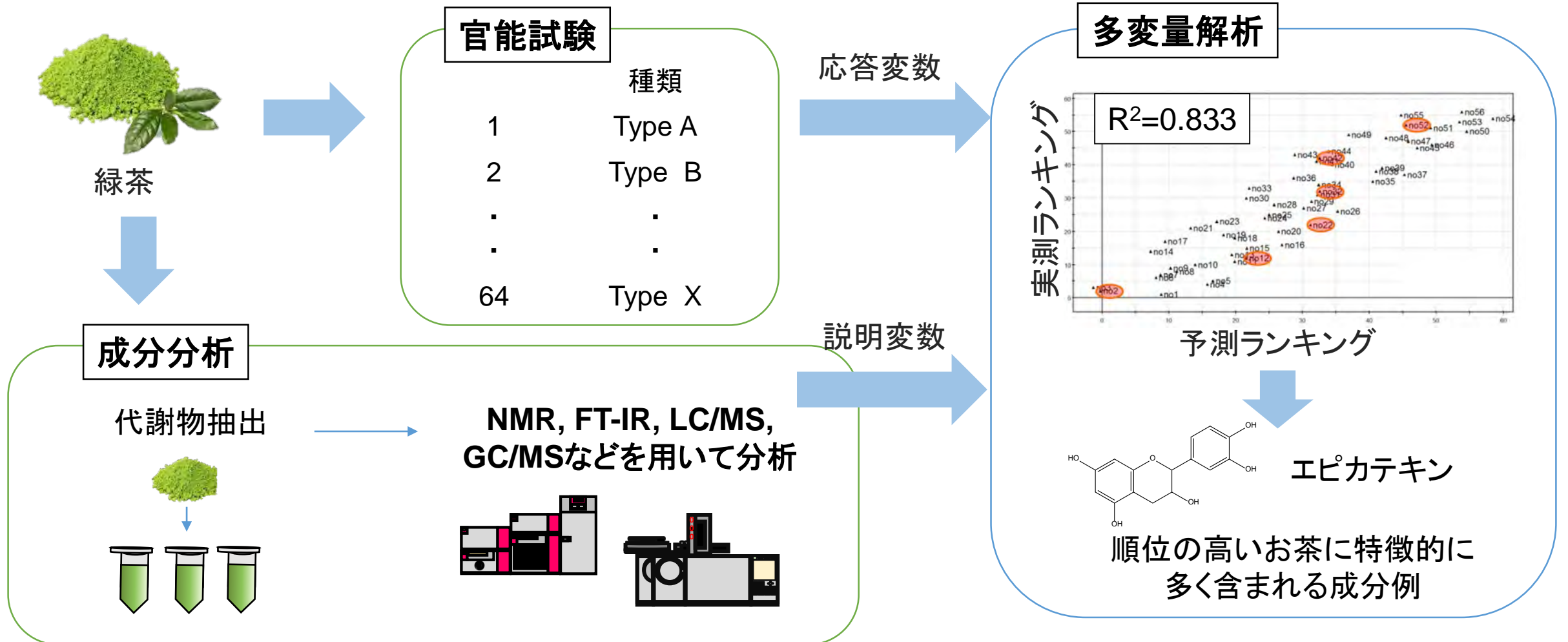
ペプチド

説明変数



応用例⑦お茶のランキング予測

- 緑茶の品評会があり、審査員によって1位から順に品質のランキングがつけられた
- 成分データから緑茶のランキングの予測が高精度に可能であることが示された





緑茶に関する研究論文

- Ono D, Bamba T, Oku Y, Yonetani T, Fukusaki E., "Application of Fourier transform near-infrared spectroscopy to optimization of green tea steaming process conditions." *J Biosci Bioeng.* 2011 Sep;112(3):247-51.
- Jumtee, K., Bamba, T. and Fukusaki, E. "Fast GC-FID based metabolic fingerprinting of Japanese green tea leaf for its quality ranking prediction." *J Sep Sci* 32(13): 2296-2304.(2009)
- Pongsuwan, W., Bamba, T., Harada, K., Yonetani, T., Kobayashi, A. and Fukusaki, E. "High-Throughput Technique for Comprehensive Analysis of Japanese Green Tea Quality Assessment Using Ultra-performance Liquid Chromatography with Time-of-Flight Mass Spectrometry (UPLC/TOF MS)." *J Agric Food Chem* 56(22): 10705-10708.(2008)
- Ikeda, T., Altaf-Ul-Amin, M., Prvin, A. K., Kanaya, S., Yonetani, T. and Fukusaki, E. "Predicting Rank of Japanese Green Teas by Derivative Profiles of Spectra Obtained from Fourier Transform Near-Infrared Reflectance Spectroscopy." *Journal of Computer Aided Chemistry* 9: 37-46.(2008)
- Pongsuwan, W., Bamba, T., Yonetani, T., Kobayashi, A. and Fukusaki, E. "Quality Prediction of Japanese Green Tea Using Pyrolyzer Coupled GC/MS Based Metabolic Fingerprinting." *J Agric Food Chem.* 56(3): 744-750 (2008)
- Ikeda, T., Kanaya, S., Yonetani, T., Kobayashi, A. and Fukusaki, E. "Prediction of Japanese green tea ranking by fourier transform near-infrared reflectance spectroscopy." *J Agric Food Chem* 55(24): 9908-9912.(2007)
- Tarachiwin, L., Ute, K., Kobayashi, A. and Fukusaki, E. "(1)H NMR based metabolic profiling in the evaluation of Japanese green tea quality." *J Agric Food Chem* 55(23): 9330-9336.(2007)
- Pongsuwan, W., Fukusaki, E., Bamba, T., Yonetani, T., Yamahara, T. and Kobayashi, A. "Prediction of Japanese green tea ranking by gas chromatography/mass spectrometry-based hydrophilic metabolite fingerprinting." *J Agric Food Chem* 55(2): 231-236.(2007)
- Miyauchi, S., Yonetani, T., Yuki, T., Tomio, A., Bamba, T., Fukusaki, F., "Quality evaluation of green tea leaf cultured under artificial light condition using gas chromatography/mass spectrometry.", *J. Biosci. Bioeng.*, 123, 197-203 (2016)



チーズに関する研究論文

- Ochi, H., Naito, H., Iwatsuki, K., Bamba, T. and Fukusaki, E.: Metabolomics-based component profiling of hard and semi-hard natural cheeses with gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry, and its application to sensory predictive modeling. *J. Biosci. Bioeng.*, 113, 751-758 (2012)
- Ochi, H., Bamba, T., Naito, H., Iwatsuki, K. and Fukusaki, E.: Metabolic fingerprinting of hard and semi-hard natural cheeses using GC/FID for practical sensory prediction modeling. *J. Biosci. Bioeng.*, 114, 506 – 511 (2012)
- Ochi, H., Bamba, T., Naito, H., Iwatsuki, K. and Fukusaki, E.: Monitoring the ripening process of Cheddar cheese based on hydrophilic component profiling using gas chromatography-mass spectrometry. *J. Dairy. Sci.*, 96, 12, 7427-7441 (2013)



しょうゆ、果物、コーヒーに関する研究論文

- Yamamoto S, Bamba T, Sano A, Kodama Y, Imamura M, Obata A, Fukusaki E. "Metabolite profiling of soy sauce using gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry and analysis of correlation with quantitative descriptive analysis." *J Biosci Bioeng.* 2012 114(2):170-175.
- Yamamoto S, Bamba T, Sano A, Kodama Y, Imamura M, Obata A, Fukusaki E. "Analysis of the correlation between dipeptides and taste differences among soy sauces by using metabolomics-based component profiling." *J Biosci Bioeng.* 2014 118(1):56-63
- Shiga K, Yamamoto S, Nakajima A, Kodama Y, Imamura M, Sato T, Uchida R, Obata A, Bamba T, Fukusaki E. "Metabolic Profiling Approach to Explore the Compounds Related to the Umami of Soy Sauce." *J Agric Food Chem.* 2014 Jul 23;62(29):7317-22. doi: 10.1021/jf501173r. Epub 2014 Jul 11.
- Tarachiwin, L., Masako, O. and Fukusaki, E. "Quality evaluation and prediction of *Citrullus lanatus* by 1H NMR-based metabolomics and multivariate analysis." *J Agric Food Chem.* 2008 56(14):5827-5835.
- Jumhawan U, Putri SP, Yusianto Y, Marwanni E, Bamba T, Fukusaki E. "Selection of Discriminant Marker for Authentication of Asian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak): A Metabolomics Approach." *J Agric Food Chem.* 2013 61(33):7994-8001
- Jumhawan U, Putri SP, Yusianto, Bamba T, Fukusaki E. "Application of gas chromatography/flame ionization detector-based metabolite fingerprinting for authentication of Asian palm civet coffee (Kopi Luwak)." *J Biosci Bioeng.* 2015 Nov;120(5):555-61. doi: 10.1016/j.jbiosc.2015.03.005. Epub 2015 Apr 23.
- Jumhawan U, Putri SP, Yusianto, Bamba T, Fukusaki E. "Quantification of coffee blends for authentication of Asian palm civet coffee (Kopi Luwak) via metabolomics: A proof of concept." *J Biosci Bioeng.* 2016 Jul;122(1):79-84. doi: 10.1016/j.jbiosc.2015.12.008. Epub 2016 Jan 6.
- Parijadi AAR, Putri SP, Ridwani S, Dwivany FM, Fukusaki E. "Metabolic profiling of *Garcinia mangostana* (mangosteen) based on ripening stages." *J Biosci Bioeng.* 2017 Sep 29. pii: S1389-1723(17)30475-9. doi: 10.1016/j.jbiosc.2017.08.013. [Epub ahead of print]
- Yusuke Wada, Atsuki Matsubara, Takato Uchikata, Yugo Iwasaki, Satoshi Morimoto, Katsuta Kan, Tetsuya Ookura, Eiichiro Fukusaki, Takeshi Bamba " Investigation of β -Cryptoxanthin Fatty Acid Ester Compositions in Citrus Fruits Cultivated in Japan" *Food and Nutrition* 4, 98-104 (2013)