

プラントベースミートの調査研究

川上亮英・山田徹郎・関口昭博

Investigation research on plant-based meat
KAWAKAMI Ryoei, YAMADA Tetsuro and SEKIGUCHI Akihiro

プラントベースミート由来のハンバーグと、市販品のハンバーグのテクスチャー及び味覚を比較するため、官能評価、クリープメータ及び味覚センサーを用いて調査した。テクスチャー試験において、硬さやもろさの評価では差が小さかった。一方、味覚センサーの呈味評価では、苦味、渋味、塩味において特徴的な差が見られた。

キーワード：プラントベースミート、官能評価、テクスチャー試験、味覚センサー

We investigated differences between plant-based meat hamburger and commercially available hamburger in sensory evaluations, creepmeter and taste sensing system to compare food textures and tastes of them. In the texture test, the difference was not showed by the evaluation of hardness and fragility. On the other hand, obtained taste data by taste sensing system was evaluated in bitterness, astringency and saltiness.

Keywords : plant-based meat, sensory evaluations, texture test, taste sensing system

1 まえがき

プラントベースミートとは、牛肉や卵などの動物性たんぱく質等の原材料を使用せず、大豆やエンドウ豆などの植物由来のたんぱく質等のみで加工した代替肉の一種であり、日本では「大豆ミート」や「ベジミート」、「フェイクミート」など名称は様々である¹⁾。近年、プラントベースミートは世界中で爆発的な流行をみせており²⁾、ビヨンド・ミートやインポッシブル・フーズ等のベンチャー企業がこの流行を牽引し人気を博している。プラントベースミートが注目されている背景として、菜食主義や宗教上の思想だけでなく、健康志向や動物愛護、たんぱく質クライシスや気候変動の緩和策など多様な理由があり、その開発に期待が寄せられている³⁾。

プラントベースミートを使用した食品は様々で、ブロック型・フィレ型・ミンチ型に成形した代替肉や、ハンバーグやソーセ

ージ、ハム、肉団子、メンチカツなどと多岐にわたっている。

食品に対する主観的な人間の味覚のよりどころは「食感要素」と呼ばれており⁴⁾、食感要素の中には色・外観・味・香り及びテクスチャーが含まれている。プラントベースミートの食感要素は、食味すると肉のようでおいしいと評価、報告されている一方、本物の肉との違和感を感じることも多い¹⁾。実際、プラントベースミートとして多く使用されている大豆タンパクは、異風味やテクスチャーの違和感、大豆特有の青臭さや油の酸化臭があるため、味付けやマスキングでは隠しきれず、肉本来のおいしさへの課題を残している⁵⁾。

プラントベースミートのたんぱく質や食物繊維などの栄養成分⁶⁾や、その原料の遊離アミノ酸や脂肪酸組成等⁵⁾は詳細に分析され、本物の肉と比較されているが、それらの味覚やテクスチャーの科学的な違いは報告例が少ない⁷⁾。

そこで本調査研究では、官能評価、クリープメータ及び味覚センサーによって、得られた味とテクスチャーのデータを解析し、プラントベースミートと肉の食感要素の科学的な違いについて比較検討した。

2 研究方法

2.1 試料

プラントベースミートの中でも国内流通量が多く、味、香りおよびテクスチャーがおいしさを決定する重要な要素であるとされているハンバーグ⁸⁾を試料として選定した。用いた試料は市販されている国内産動物性冷凍ハンバーグ3種(A(牛豚)、B(牛豚)、C(鶏))と、国内産プラントベースハンバーグ(以下PBBと略す)5種(D・E・G・H・I)、海外産PBB 2種(F・J)の計10種類とした。また、BEYOND MEAT社製「BEYOND BEEF」と「BEYOND BURGER」の2種を味覚センサー測定でのみ用いた。

2.2 官能評価

パネルはセンター職員9名で構成し、評価は1試料ずつ比対照採点法⁸⁾で行った。テクスチャーの評価用語は、「かたさ」「歯切れ」「もろさ」の3種類を設定した。味覚の評価用語は、旨味として「おいしさ」、塩味として「しょっぱさ」、植物性由来の苦味・渋味成分を考慮し「苦さ・渋さ」の3種類とした。また、PBBが本物のハンバーグと同様かの全体的な評価として「ハンバーグらしさ」を設定した。

標準試料として「A(牛豚)」を選んだ。標準試料とテスト試料は、1個ずつ1枚の皿にのせラップをし、電子レンジ(500W、3分)で加熱後、熱電対温度計で40℃まで放冷し、一口サイズに切り分け試食した。

いずれの評価項目も7段階で評価し、各カテゴリーをそれぞれ数値化した。各パネルは試食しながら図1に示した数値尺度上の評価項目に応じた位置に丸印を記入した。

2.3 テクスチャー試験

クリープメータ(山電(株)製RE2-33005C)を用いて、測定荷重、ガム性荷重及びもろさ荷重を求めた。試料は前述同様に加熱放冷後、受け皿に固定した。クリアランスは試料の歪率が80%となる位置に設定し、



図1 官能評価の評価項目と数値尺度

円柱形(φ11.3 mm)プランジャー、ロードセル20N、測定速度1.0 mm/secで測定した。

2.4 味覚測定

味覚センサー((株)インテリジェントセンサーテクノロジー製味認識装置TS-5000Z)を用いて味覚を測定した。

前処理として、試料を前述同様に加熱放冷後、試料50 gと40℃に保温した超純水200 gをミキサーに秤量し1分間攪拌した。得られた懸濁液を遠心分離(3500rpm、10分)し、上澄みを不織布でろ過したろ液を試験溶液とした。ただし旨味測定においては、試験溶液をメーカー指定の方法で40倍希釈した希釈液を使用した。

また、玉ねぎ添加試験として、ローストオニオンパウダー(エスビー食品)を試料B(牛豚)に対し、重量%として、1、2.5、5、10、25%添加した検体を、同様の前処理方法で処理後、A(牛豚)を基準点0として味覚センサーで測定した。

3 結果と考察

3.1 官能評価

まずパネル評価の一致性を検討した。9名の判定結果を順位に置き換えKendall⁸⁾の一致係数を求めたところ、しょっぱさは有意水準5%以下、他6項目は有意水準1%以下で判定結果の一致性が確かめられた。そこで判定結果を数値化した平均値を評点とした(表1)。PBBは標準試料A(牛豚)に比べ、おいしくない、渋い苦い、ハンバーグ

表 1 官能評価結果

	かたい/ やわらかい	歯切れが 悪い/よい	もろい/ よくかめない	おいしい/ おいしくない	しょっぱい /塩味うすい	渋い・苦い/ 渋・苦くない	ハンバーグに 近い/遠い
A(牛豚)	0	0	0	0	0	0	0
B(牛豚)	-0.9	-0.1	0.3	-0.3	-0.3	-0.2	0.2
C(鶏)	-2.3	-1.1	1.2	-1.1	-0.3	0.3	-0.6
D	1.1	0.4	-0.3	-2.0	-1.1	1.1	-1.9
E	2.4	1.6	-2.2	-2.2	-0.3	1.8	-2.6
F(海外)	0.2	0.0	-0.4	-1.0	1.2	0.3	-1.2
G	-0.8	0.2	0.7	-0.8	-0.3	-0.1	0.0
H	-1.7	-1.3	1.6	-1.9	1.1	0.8	-2.1
I	-1.7	-0.2	0.1	-1.9	0.9	0.9	-1.8
J(海外)	0.0	0.9	0.3	-2.6	0.6	1.8	-2.7

から遠いと評価される傾向があった。

また、「ハンバーグの近さ」に対して、各評価項目の相関係数を求めると、かたさなどのテクスチャー3項目は0.4程度の相関がある一方、おいしさ、渋さ・苦さは0.9以上と高い相関が見られた。このことから、本物のハンバーグに近いかどうかは、テクスチャーより味の要因が大きいと考えられた。

3. 2 テクスチャー試験

テクスチャー波形の結果を図2に示した。試料Eを除いたPBBは、A(牛豚)、B(牛豚)、C(鶏)と似た波形を示し、テクスチャーにおいてPBBは動物性ハンバーグと差が小さい傾向が見られた。また、得られたかたさ荷重、ガム性荷重及びもろさ荷重の値と官能評価との相関係数を求めると、いずれにおいても中程度から強い正と負の相関が見られた(表2)。よって、PBBはハンバーグと似たテクスチャーであるものの、テクスチャー試験により、硬さ、歯切れのよさ、もろさの差を評価できることがわかった。

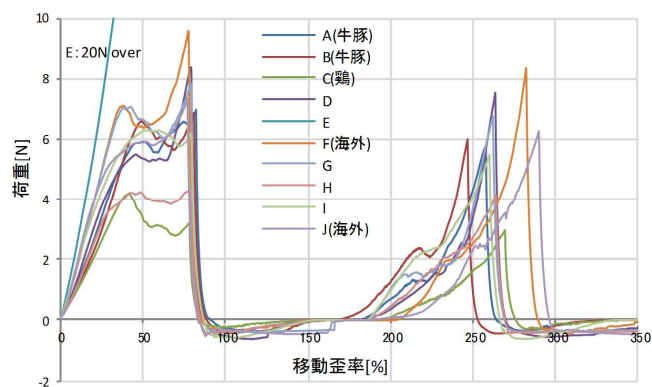


図 2 移動歪率－荷重曲線

表 2 官能評価とテクスチャー試験の相関

	かたさ	歯切れ	もろさ
かたさ荷重	0.904	0.870	-0.905
ガム性荷重	0.834	0.776	-0.907
もろさ荷重	-0.688	-0.600	0.538

3. 3 味覚測定

3. 3. 1 味覚比較

先味である「塩味」「酸味」「苦味雑味」「渋味刺激」「旨味」、後味である「苦味」「渋味」「旨味コク」の合計8項目を味覚センサーで測定し比較した。なお、味強度が無味より低い「酸味」は除外した。

得られた味覚データから主成分分析を行った。第1、第2主成分の累積寄与率は78.9%であり、第1主成分は苦味雑味、渋味刺激、塩味、苦味、渋味が、第2主成分は旨味、旨味コク、甘味が寄与していた。第1、第2主成分でグループ分けした主成分分析結果を図3に示す。動物性ハンバーグA～Cと、日本製のPBB、そして海外製のPBB各種がそれぞれグループ分けできるほど差が大きいことがわかった。

そこで味覚のうち、どの味覚で差があるのかA(牛豚)を基準点として二次元分布図で解析した。なお、味覚センサーによる測定結果の1目盛りは、基準値から約20%濃度差を示し、大多数の人が有意差を感じる(Weber-Fechnerの法則)と考えられている⁹⁾。さらに味覚が優れている人は0.5目盛り程度でも差を感じることができると経験上いわれている。

苦味雑味と渋味刺激の二次元分布図を図4に示す。A(牛豚)及びB(牛豚)と、試料Iを

除いた全てのPBBでグループ分けされ、苦味雑味と渋味刺激の目盛り差はそれぞれ0.5以上でPBBが強い結果となった。また、図に示さないが、後味である苦味と渋味も同様の傾向を示した。PBBには大豆等の植物性たんぱく質の比率が多いため、それら植物性原料由来のサポニンやイソフラボン等¹⁰⁾の苦味渋味成分が残留している可能性が考えられる。

塩味と旨味コクの二次元分布図を図5に示す。旨味コクにおいて、PBBは動物性ハンバーグより同程度かそれ以上強い傾向を示し、塩味においては、動物性ハンバーグと比較するとPBBのいずれも1目盛り以上強いことが分かった。これは植物由来の味をマスキングするためや、PBBを肉の味に近づけるために、調味料や香辛料が多く使用されているためと推察される。

味覚センサーの結果に対応する官能評価との相関係数を表3に示す。渋味刺激を除くいずれの味覚項目において、0.4以上と中程度の相関が見られる。したがって、味覚センサーで動物性ハンバーグとPBBの

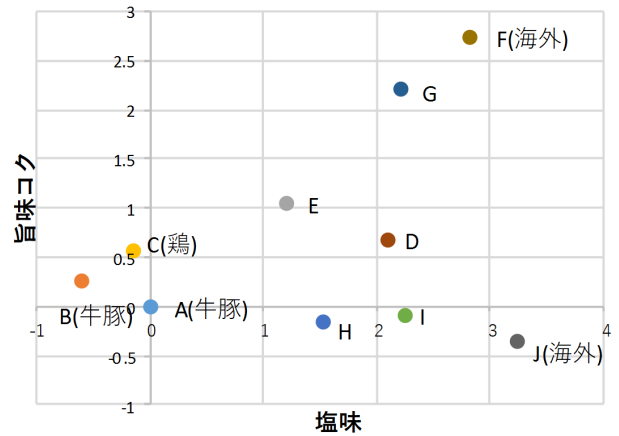


図5 塩味・旨味コク

表3 味覚センサーと官能評価の相関

味覚センサー	相関係数	官能評価
旨味	0.452	+おいしい
旨味コク	0.481	
塩味	0.425	+しょっぱい
苦味雑味	0.480	+渋い・苦い
渋味刺激	0.336	
苦味	0.704	
渋味	0.687	

味の比較、評価がある程度可能であると考えられる。

3.3.2 たまねぎによる味覚の影響

味覚センサーの結果から、甘味と旨味の二次元分布図(図6)を見ると、甘味の増加に比例して旨味が強くなる傾向が見られ、海外製PBBと基準点A(牛豚)を除いた試料BCDEGHI7点を結ぶ直線の傾きは0.559、R²値が0.730であった。よって、全ハンバーグに共通に使用されている原材料によって、甘味と旨味が増加する可能性があると考えた。

そこで各試料の原材料に着目すると、玉ねぎが全試料で使用されていたため、玉ねぎがハンバーグに対しどの味覚に影響を与えるか、また、添加量に比例して甘味と旨味が増大するか、玉ねぎ添加試験をもって検討した。

甘味と旨味の二次元分布図(図7)において、玉ねぎの添加量に比例して甘味と旨味が増加する傾向が見られ、直線の傾きは0.632、R²値は0.767であった。また、図には示さないが、後味の旨味コクも添加量に対し増加した。よって、玉ねぎはハンバーグの旨味と甘味の要因のひとつであると

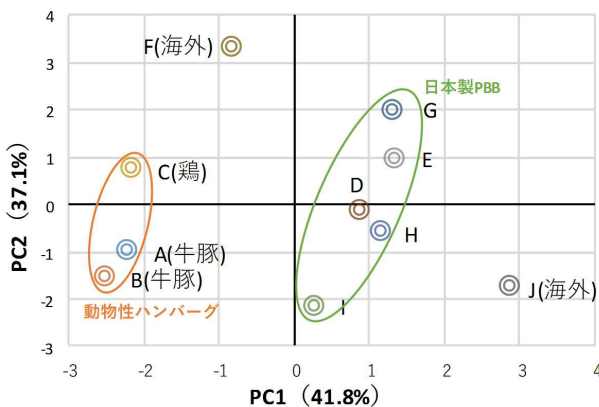


図3 主成分分析

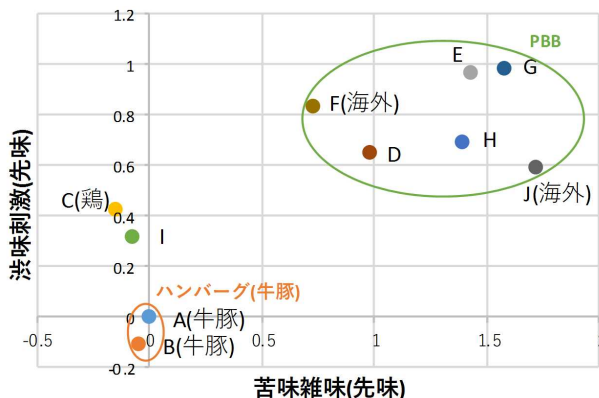


図4 苦味雑味・渋味刺激

考えられる。

一方、苦味雑味と渋味刺激の二次元分布図(図8)においては、玉ねぎの添加量に対し、 R^2 値1.000と高い相関をもって比例した。さらに無添加から2.5%添加するだけで目盛り差が0.5変化することからも影響が大きいことがわかった。また、図には示

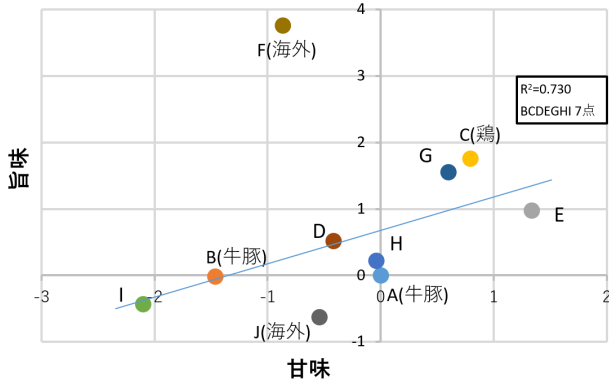


図6 甘味・旨味

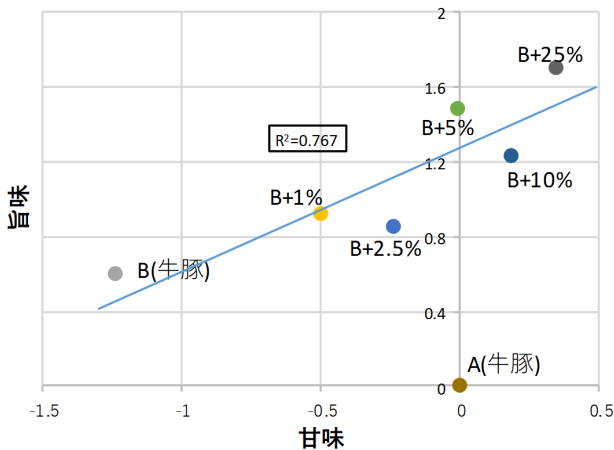


図7 玉ねぎ添加(甘味・旨味)

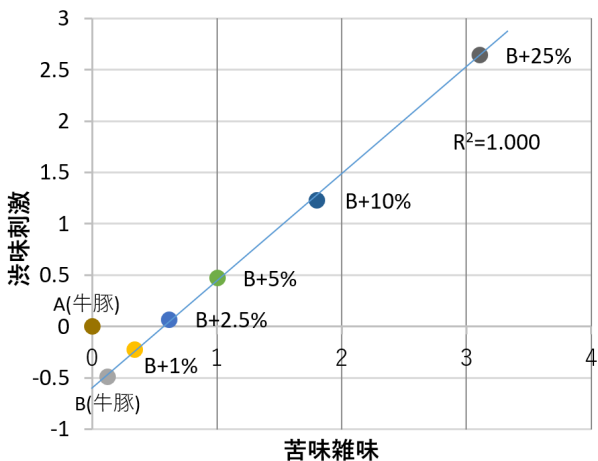


図8 玉ねぎ添加(苦味雑味・渋味刺激)

さないが、後味の苦味と渋味においても R^2 値1.000で比例した。このことから、玉ねぎのケルセチン等の植物由来の苦味渋味成分が、ハンバーグの苦味や渋味に大きく寄与すると考えられる。植物性原料のみのPBBにおいても、苦味渋味類が動物性ハンバーグより強いことから、植物性原料由来の苦味渋味成分が味覚に大きく影響していると推察される。

3.3.3 BEYOND MEAT製品との比較

BEYOND MEAT社はプラントベースミートブームの火付け役であるベンチャー企業であり、主力商品である「BEYOND BEEF」と「BEYOND BURGER」は「本物の肉に近いプラントベースミート」とされ人気がある。そこで、この2つを味覚センサーで測定し、前述のデータと比較した。

主成分分析の結果を図9に示す。味覚において「BEYOND BEEF」と「BEYOND BURGER」は日本製のPBBよりも、動物性ハンバーグの主成分に近いことがわかる。

PBBに特徴的な味覚項目が苦味雑味、渋味刺激及び塩味であったため、それらの項目で比較した二次元分布図を図10と図11に示す。苦味雑味・渋味刺激の図10において、BEYOND MEAT類の苦味雑味が他に比べ1目盛り以上大きな値を示す一方で、渋味刺激は他のPBBよりも低い値を示した。また図11において、塩味は他のPBBよりも0.5目盛り以上低く、動物性ハンバーグに近い値であった。旨味においては動物性ハンバーグA(牛豚)とB(牛豚)より

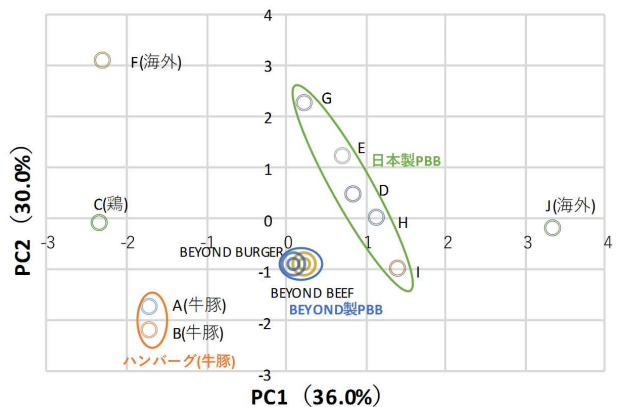


図9 BEYOND MEATを含めた主成分分析

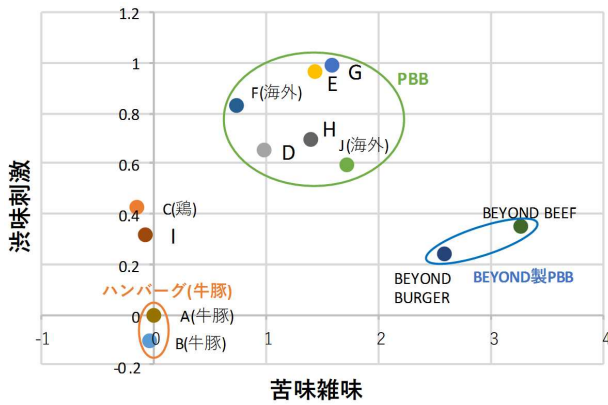


図10 BEYOND MEAT(渋味刺激・苦味雑味)

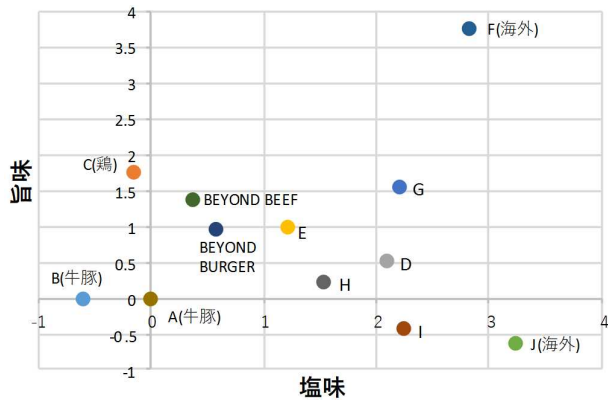


図11 BEYOND MEAT(塩味・旨味)

も1目盛り以上大きな値であった。

したがって、味覚において、BEYOND MEAT商品は日本製PBBよりも動物性ハンバーグに比較的近いと考えられる。

4 まとめ

官能評価、クリープメータ及び味覚センサーで、プラントベースミートを使用したPBBと動物性肉を使用したハンバーグを比較し、プラントベースミートと肉の食感要素の科学的な違いについて比較検討した。

官能評価から、PBBは本物のハンバーグから遠いと評価され、テクスチャーよりも、おいしさや苦味・渋味の味覚の影響が大きいと推察された。

テクスチャー試験結果から、PBBと動物性ハンバーグのテクスチャーの差は小さいが、試料同士の硬さ、歯切れのよさ、も

ろさの差を評価することが可能であった。

味覚センサーの結果から、PBBは動物性ハンバーグより塩味、苦味及び渋味が強いことが明らかとなった。植物由来の苦味渋味成分が残留し、それをマスキングするため、調味料や香辛料が多く使用されている可能性が考えられる。一方、味覚において、BEYOND MEAT社のPBBは日本製のPBBよりも動物性ハンバーグに近いこともわかった。

全試料に含まれていた玉ねぎが、ハンバーグに対し味覚にどう影響するか調べたところ、玉ねぎの添加量に対し、甘味と旨味そして苦味と渋味が比例して増加することが明らかになった。

以上のことから、プラントベースミートを本物の肉に近づけるためには、主成分の植物性たんぱく質由来の苦味渋味を排除し、調味料等の添加量を抑える必要があると考えられる。

文献

- 1) 井上正子：食品と科学, **63**, 2(2021)
- 2) 株式会社矢野経済研究所：代替肉(植物由来肉・培養肉)世界市場に関する調査を実施(2020年) No.2430
- 3) 三井住友フィナンシャルグループ：SAFE, **129**, October (2019)
- 4) 松本幸雄：化学, **31**, 332(1976)
- 5) 落合孝次：「発芽大豆を利用した次世代ベジダブルミートの開発」食品と開発, **55**, 7(2020)
- 6) Jiang He *et al.* : Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, **19**, 5(2020)
- 7) 株式会社味香り戦略研究所：「感性データから植物性代替食品の「今」をみる!動物性との違いで見える価値とは」
- 8) 矢野信光：食の科学, **42**, 84(1978)
- 9) Kobayashi, Y. *et al.* : Sensors 2010, **10**, 3411-3443.
- 10) 工藤重光 他：日本醸造協会誌, **87**, 1(1992)