



Title	The metabolomics-based approach of tempe as a baby food product ingredient
Author(s)	Rahmawati, Della
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/89593
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (RAHMAWATI DELLA)	
Title	The metabolomics-based approach of <i>tempe</i> as a baby food product ingredient (離乳食素材としてテンペのメタボロミクス基盤アプローチ)
<p><i>Tempe</i> is recognized as food with many benefits with high and good quality protein content and is recognized as cheap yet nutritious food in Indonesia. A previous study showed that the potency of non-soy legumes as <i>tempe</i> ingredients in <i>tempe</i> productions contributes to improving nutritional content and functionality. Therefore, <i>tempe</i>-based baby foods could play a role as sources of readily available nutrients for the prevention and management of malnutrition and diarrhoea. The product will be highly nutritional, easily digestible, acceptable, well-tolerated, and preferably should have additional nutrients such as anti-diarrhoea properties. Until now, there has been no metabolome study about <i>tempe</i> from other legume materials. This study would like to use the metabolomics approach to develop ready-to-use ingredients from <i>tempe</i> to formulate baby food products. Four different legumes, red kidney bean, soybean, cowpea bean, and jack bean, and four kinds of <i>tempe</i> prepared from the abovementioned legumes, were subjected to gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis. These <i>tempe</i> samples were fermented in two different production places-Japan and Indonesia. In total, 83 metabolites were annotated from all samples. Principal component analysis (PCA) showed that the samples were separated based on their type (legume and <i>tempe</i>) along PC1 with a 36.3% variance, in which sugars and amino acids significantly contributed to the separation. In addition, samples were separated along PC2 with a 17.2% variance based on the different production places. The in-vitro protein digestibility analysis result showed that green soybean <i>tempe</i> has higher protein digestibility than other legume <i>tempe</i> samples. Furthermore, each legume <i>tempe</i> has higher protein digestibility than the legume before fermentation which is higher than 50% with different D/L amino acid profiles. Based on LC-MS analysis, most D-amino acids accumulate in white bean <i>tempe</i>. However, some D-amino acids such as D-lysine, D-allo-isoleucine, D-isoleucine, D-arginine, and D-glutamine were also accumulated higher in green soybean, green pea, and red kidney bean <i>tempe</i>, which may contribute to the better food characteristics such as taste and flavor. The PCA and orthogonal projection to latent structures with discriminant analysis (OPLS-DA) were used to find statistically significant metabolites as discriminant candidates. First, based on the GCMS analysis result, freeze-dried and freeze-crushed samples were clustered differently from oven-dried samples based on PC1. Then, oven-dried samples accumulated more metabolites annotated. Among three of the most common drying temperature, the oven-dried accumulated more metabolites. Meanwhile, we optimized the temperature, the 60°C oven-drying temperature treatment accumulated more metabolites than 45 and 50°C, especially essential amino acids. Other important metabolites that contribute to the various drying treatment are adenosine, uridine, inositol, N- acetyl glucosamine, and adenine. Furthermore, the combination of soybean and red kidney bean <i>tempe</i> could improve the levels of some amino acids found to be present at low levels in both <i>tempe</i> samples. In further analysis, there is no significant difference in the metabolites profile of legume <i>tempe</i> that was mixed before and after becoming a powder. This combination of mixed <i>tempes</i> could also improve the amino acid profile of <i>tempes</i> made from a single legume. This study was the first comprehensive study in legume <i>tempe</i>. The information based on metabolites profile, amino acid profile, protein quality and sensory evaluation is useful for further utilization of legume <i>tempe</i> as a baby food product ingredient. This study revealed that legume <i>tempes</i> have different metabolomics profiles, which also affect sensory acceptance. The common method for food drying treatment which is oven-dried at 60 °C, was selected as the suitable method to make legume <i>tempe</i> powder.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (RAHMAWATI DELLA)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	福崎 英一郎
	副 査	教 授	内山 進
	副 査	教 授	本田 孝祐

論文審査の結果の要旨

テンペは、高くして良質なタンパク質を含み、多くの利点がある食品として認識されており、インドネシアでは安価でありながら栄養価の高い食品として認識されている。以前の研究では、テンペ製造におけるテンペ原料としての非大豆の効力は、栄養成分や機能性の向上に寄与することが示された。したがって、テンペを使用したベビーフードは、栄養失調や下痢の予防と管理のために、容易に入手できる栄養素の供給源として役割を果たすことができる。この製品は、栄養価が高く、消化が良く、受容性があり、耐容性に優れ、好ましくは下痢止めなどの付加的な栄養素を有することが望ましいと考えられる。これまで、テンペに関するメタボローム研究は、他のマメ科素材からは行われていなかった。本研究では、ベビーフードの製剤化を志向し、メタボロミクス手法を用いて、テンペからすぐに使える素材の開発を試み、赤インゲン豆、大豆、ササゲ、ジャックビーンという4種類の豆類と、上記の豆類から調製した4種類のテンペの代謝物をガスクロマトグラフ質量分析 (GC-MS) により網羅的に分析している。これらのテンペは、日本とインドネシアの2つの異なる生産地で発酵させたものであり、全サンプルから合計 83 種類の代謝物が同定されている。主成分分析 (PCA) により、試料はその種類 (マメ科とテンペ科) に応じてPC1に沿って36.3%の分散で分離され、その中で糖とアミノ酸が分離に大きく寄与していることが示されている。また、生産地の違いにより、PC2が17.2%の分散で分離され、体外タンパク質消化率分析の結果、青大豆テンペは他の豆類テンペ試料よりも高いタンパク質消化率を示し、さらに各豆類テンペは、異なるD/Lアミノ酸プロファイルを持つ発酵前の豆類よりも高いタンパク質消化率 (50%以上) を示されている。LC-MS分析によると、ほとんどのD-アミノ酸は白インゲン豆のテンペに蓄積されていたが、D-リジン、D-アロイソロイシン、D-イソロイシン、D-アルギニン、D-グルタミンなどのいくつかのD-アミノ酸は、青大豆、グリーンピース、赤インゲン豆テンペでも高く蓄積し、これは味や香りなどのより良い食品特性に寄与すると考えられる。GCMS 分析の結果を基に PCA を行った結果、凍結乾燥および凍結粉碎試料は、PC1 に基づいてオープン乾燥試料と異なるクラスタリングを示すことが示している。その結果、オープン乾燥試料はより多くの代謝物を蓄積していることが判明されている。また、最も一般的な3つの乾燥温度のうち、オープン乾燥の方がより多くの代謝物を蓄積されている。一方、温度を最適化したところ、60℃のオープン乾燥温度処理では、45℃や50℃よりも多くの代謝物が蓄積され、特に必須アミノ酸が蓄積されている。その他、アデノシン、ウリジン、イノシトール、N-アセチルグルコサミン、アデニンが各種乾燥処理に寄与する重要な代謝産物であることが判明されている。さらに、大豆とレッドキドニービーンズのテンペの組み合わせは、両方のテンペのサンプルに低レベルで存在することが判明したいくつかのアミノ酸のレベルを改善することができ、さらなる分析では、粉末になる前と後で混合したマメ科のテンペの代謝物プロファイルに有意差は認められず、この混合テンペの組み合わせは、単一のマメ科植物から作られたテンペのアミノ酸プロファイルを改善する余地を認められた。本研究は、マメ科植物テンペにおける初めての包括的な研究で、代謝物プロファイル、アミノ酸プロファイル、タンパク質品質および官能評価に基づ

く情報は、マメ科テンペをベビーフード製品の原料としてさらに活用するために有用である。本研究により、異なるマメ科テンペは異なるメタボロームプロファイルを有し、それが官能的な受容性にも影響することが明らかになり、豆類テンペの粉末化には、一般的な食品乾燥処理方法である60℃でのオープン乾燥が適していることがわかった。以上のように離乳食素材としてテンペのメタボロミクス基盤としさらなる研究が必要である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。