OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Evaluating the effect of different de-pulping methods on cocoa beans' flavor quality based on a metabolomics approach
Author(s)	Ati, Aulia Gusning
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/105405
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 （AULIA GUSNING ATI）	
Title	Evaluating the effect of different de-pulping methods on cocoa beans' flavor quality based on a metabolomics approach(メタボロミクスアプローチに基づく異なる脱パルプ処理がカカオ豆のフレーバー品質に及ぼす影響の評価)

Abstract of Thesis

Chapter 1: General Introduction. Cocoa bean (*Theobroma cacao*) is a key global commodity and the basis of the chocolate industry. Among factors influencing chocolate quality, flavor is a critical driver of consumer acceptance, especially in the premium market. However, around 85–90% of the global cocoa produced by farmers is classified as bulk cocoa. Therefore, improving the flavor of bulk cocoa is essential to meet market demand and support farmer livelihoods. Since postharvest processing greatly influences flavor formation, improvements in these processes offer promising opportunities. One such approach is the addition of a de-pulping process (pre-drying and mechanical de-pulping) before fermentation. While both methods are known to improve the production of well-fermented beans, their specific impacts on flavor—particularly under similar levels of pulp reduction—remain unclear. Therefore, this study evaluates the impact of different de-pulping methods on flavor-related metabolites and sensory attributes using an integrated metabolomics and sensory analysis approach. Chapter 2: Evaluating the impact of different de-pulping methods on cocoa liquor through metabolite profiling and sensory evaluation. Bulk (Forastero) and fine-flavor (Trinitario) cocoa beans were subjected to 25% pulp reduction by pre-drying or mechanical de-pulping, alongside a non-de-pulped control. All samples underwent identical postharvest treatments, and the final product—cocoa liquor—was used for both metabolite profiling and sensory evaluation. GC-MS analysis, combined with sensory evaluation, revealed distinct impacts of the de-pulping methods. Despite similar pulp reduction, pre-drying consistently reduced bitterness and astringency while improving fresh fruit and acidic attributes, while mechanical de-pulping resulted in a less favorable flavor profile, with increased bitterness and astringency scores. The improved fruity and acidic attributes in pre-dried samples were associated with several metabolites as revealed by PLS-R analysis. This study expands current knowledge by demonstrating that while pulp reduction contributes to flavor development, the choice of de-pulping method plays a decisive role. Chapter 3: Investigation of key metabolites affected by different de-pulping methods along the postharvest process. To better understand how de-pulping affects flavor precursors and their development throughout the postharvest process, this study also examined metabolite changes immediately after de-pulping and how these changes influence flavor development throughout the postharvest process. Metabolite profiles were monitored at key stages—raw beans (before and after de-pulping), after drying and roasting, and in cocoa liquor—using GC-MS with derivatization for non-volatile compounds and HS-SPME-GC-MS for volatile compounds. Pre-drying significantly increased reducing sugars and organic acids (>2-fold) in raw beans, potentially increasing precursors for Maillard reactions and promoting the formation of key aroma compounds during roasting. Furthermore, citric, malic, and isocitric acids remained elevated in the final cocoa liquor, correlating with enhanced fruity and acidic sensory attributes. In contrast, mechanical de-pulping increased levels of bitterness- and astringency-related compounds (epicatechin, catechin), likely due to physical stress on the beans. Chapter 4: Conclusion and future perspectives. In conclusion, this study demonstrates that metabolomics effectively reveals how different de-pulping methods influence metabolite profiles early in the cocoa postharvest process and shape final flavor quality. While adding a de-pulping step can improve bulk cocoa flavor, the method used is critical. In this study, pre-drying successfully improved the flavor of bulk cocoa beans by increasing several key flavor precursors before fermentation, which was not observed in mechanical de-pulping. These results highlight pre-drying as a practical method to improve cocoa flavor quality. This study also identifies malic, citric, and isocitric acids as potential early indicators of de-pulping effectiveness in enhancing desirable sensory attributes, while epicatechin and catechin may indicate increased bitterness and astringency.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（AULIA GUSNING ATI）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　教授　福﨑　英一郎 副 査　教授　藤山　和仁 副 査　教授　關　光 副 査　准教授　Sastia Prama Putri	

論文審査の結果の要旨

カカオ豆（*Theobroma cacao*）はチョコレート産業の基盤となる重要な国際農産物であり、特にプレミアム市場においてはフレーバーが消費者受容性を左右する重要な要因となっている。しかし、世界で生産されるカカオの約85～90%はバルクカカオに分類されており、その風味品質の向上が求められている。カカオのフレーバー形成はポストハーベスト工程に大きく依存するため、これらの工程改善は有望なアプローチである。その一つとして、発酵前に果肉除去（プレドライまたは機械的デパルピング）を導入する方法があるが、同程度の果肉除去条件下におけるフレーバーへの影響は十分に解明されていない。本研究では、異なるデパルピング手法がフレーバー関連代謝物および官能特性に与える影響を、メタボロミクスと官能評価を統合して検討している。

第2章では、バルクカカオ（フォラステロ）およびファインフレーバーカカオ（トリニタリオ）に対し、25%果肉除去をプレドライまたは機械的デパルピングで行い、未処理区を対照としてカカオリカーのフレーバーを評価している。すべての試料は同一のポストハーベスト処理を経て評価に供されている。GC-MS分析および官能評価の結果、プレドライ処理では苦味および渋味が低減し、フレッシュフルーツ様および酸味特性が向上する一方で、機械的デパルピングでは苦味・渋味が増加することを認めている。また、PLS-R解析により、プレドライ処理で向上した官能特性は特定の代謝物と関連していることを明らかにしている。

第3章では、生豆から最終的なカカオリカーまでの各段階における代謝物変化を、GC-MSおよびHS-SPME-GC-MSを用いて解析している。その結果、プレドライ処理により生豆中の還元糖および有機酸が2倍以上増加し、焙煎時の香気成分生成に寄与する前駆体が増加することを示唆している。さらに、クエン酸、リンゴ酸、イソクエン酸は最終製品でも高値を維持し、フルーティーおよび酸味の官能特性と相関することを見出している。一方、機械的デパルピングではエピカテキンおよびカテキンが増加し、苦味および渋味の増強につながることを明らかにしている。

第4章では、メタボロミクス解析がデパルピングによる初期代謝変化を捉え、最終的なフレーバー品質形成を理解する上で有効であることを示している。果肉除去の有無だけでなく手法の選択が重要であることを指摘しており、本研究ではプレドライ処理がバルクカカオの風味品質改善に有効な実用的手法であることを提示している。また、リンゴ酸、クエン酸、イソクエン酸は好ましい官能特性の早期指標となる可能性についても言及している。

以上のように、本論文は、プレドライおよび機械的デパルピングがポストハーベスト工程全体を通じてカカオの化学組成および官能特性をどのように変化させるかを初めて明らかにしたものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。