

未来社会創造事業（探索加速型）

「持続可能な社会の実現」領域

終了報告書（本格研究）

令和2年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:竹内 昌治]

[東京大学 大学院情報理工学系研究科・教授]

[研究開発課題名:3次元組織工学による次世代食肉生産技術の創出]

実施期間：令和2年4月1日～令和7年3月31日

§1. 研究実施体制

(1) 竹内グループ(東京大学)

①研究開発代表者:竹内 昌治 (東京大学 大学院情報理工学系研究科、教授)

②研究項目

- ・ウシ3次元筋組織の構築と成熟化
- ・ウシ筋組織の食品的评价
- ・社会受容性の形成

(2) 清水グループ(東京女子医科大学)

①主たる共同研究者:清水 達也 (東京女子医科大学 先端生命医科学研究所、所長・教授)

②研究項目

- ・低コスト・持続可能な培養液を用いたウシ筋細胞の大量培養技術の開発
- ・ウシ3次元筋組織の構築と成熟化

(3) 石川グループ(筑波大学)

①主たる共同研究者:石川 博 (筑波大学 医学医療系、非常勤研究員)

②研究項目

- ・低コスト・持続可能な培養液を用いたウシ筋細胞の大量培養技術の開発

(4) 瀬戸グループ(日清食品ホールディングス(株))

①研究開発代表者:瀬戸 次朗 (日清食品ホールディングス(株) 健康科学研究部、健康科学マイスター)

②研究項目

- ・ウシ筋組織の食品的评价
- ・社会受容性の形成

(5) 松崎グループ(大阪大学)

①研究開発代表者:松崎 典弥 (大阪大学 大学院工学研究科、教授)

②研究項目

- ・ウシ3次元筋組織の構築と成熟化

(6) 日比野グループ(弘前大学)

①研究開発代表者:日比野 愛子 (弘前大学 人文社会科学部、教授)

②研究項目

- ・社会受容性の形成

§2. 研究開発成果の概要

低コスト・持続可能な培養肉生産を可能にするために、緑藻類の *Chlorella vulgaris* から抽出される栄養素が細胞培養に至適であることを明らかにし、藻類由来基礎培地を開発した。大量培養を目的とした攪拌浮遊培養によって、この培地を用いたウシ筋芽細胞の増殖が可能であることを実証した。さらに血清コスト削減のため、RL34 細胞が産生する増殖因子を用いた無血清培養法を実現し、藻類由来培地と組み合わせることでアニマルフリー・グレインフリーの培地の開発に成功した。また、肉から効率よくサテライト細胞を回収する楕状の刃の開発、遺伝子導入による長期培養に適した不死化細胞の開発を行った。

次に、厚みのある培養ステーキ肉作製のために、シート状モジュールを積層する方法を考案し、食用培養条下で 22 枚のモジュールを積層して 11 cm×7.5 cm×1.5 cm の可食大型ウシ筋組織を達成した。また、10 枚の筋モジュールと 2 枚の脂肪入り筋モジュールを積層することで、4 cm×5.5 cm×1.5 cm の脂肪入り筋組織を達成した。周辺技術としては、血管様構造を中空糸で模したバイオリアクタの開発や筋肥大条件の探索を行った。

また、食品衛生法の食肉関連基準を参考に、培養肉を安全に試食するための基準を検討し、東京大学倫理審査専門委員会承認のもと実験段階での試食が可能な体制を整えた。遊離アミノ酸や脂肪酸、香気成分を測定し、濃度差はあるが市販肉と同様の成分が検出され、脂肪酸組成や強い香気の特徴が市販肉と類似していることを示した。

最後に、社会受容性の向上に必要な条件を検討するため、複数回の大規模質問紙調査を実施した。培養肉を試しに食べてみたいと答える回答者は 32%であったが、安全性と美味しさが整った場合に食べてみたい割合は 50%となった。解析より認知度を上げ、安全性を確認しつつ、食料問題への貢献等を議論することが、受容性向上につながることを示された。

【代表的な原著論文情報】

- (1) M. Furuhashi, Y. Morimoto, A. Shima, F. Nakamura, H. Ishikawa, S. Takeuchi: Formation of contractile 3D bovine muscle tissue for construction of millimetre-thick cultured steak, **Science of Food**, 5, No. 6, 2021
- (2) Y. Okamoto, Y. Haraguchi, A. Yoshida, H. Takahashi, K. Yamanaka, N. Sawamura, T. Asahi, T. Shimizu: Proliferation and differentiation of primary bovine myoblasts using *Chlorella vulgaris* extract for sustainable production of cultured meat, **Biotechnology Progress**, 38 (3), e3239, 2022
- (3) K. Yamanaka, Y. Haraguchi, H. Takahashi, I. Kawashima, T. Shimizu: Development of serum-free and grain-derived-nutrient-free medium using microalga-derived nutrients and mammalian cell-secreted growth factors for sustainable cultured meat production, **Scientific Reports**, 13, 498, 2023
- (4) A. Hibino, F. Nakamura, M. Furuhashi, S. Takeuchi: How can the unnaturalness of cellular agricultural products be familiarized?: Modeling public attitudes toward cultured meats in Japan, **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 7, 1129868, 2023
- (5) F. Louis, M. Furuhashi, H. Yoshinuma, S. Takeuchi, M. Matsusaki: Mimicking Wagyu Beef Fat in Cultured Meat: Progress in Edible Bovine Adipose Tissue Production with Controllable Fatty Acid Composition, **Materials Today Bio**, 21, 100720, 2023
- (6) B. Jo, K. Motoi, Y. Morimoto, S. Takeuchi: Dynamic and static workout of in vitro skeletal muscle tissue through a weight training device, **Advanced Healthcare Materials**, 2401844, 2024