

学位論文要旨

メイラード反応生成香気である DMHF の生理作用および食肉に
おける DMHF の生成要因

The physiological activities of DMHF generated by the
Maillard reaction and factors affecting DMHF generation in
meats

北里大学大学院獣医学系研究科
動物資源科学専攻 博士後期課程

横山 壱成

Issei Yokoyama

指導教授 有原 圭三

第 1 章 緒論

食品の加熱調理・加工における重要な化学反応にメイラード反応がある。この反応は、食品中に存在するアミノ酸などのアミノ化合物とグルコースなどのカルボニル化合物が加熱されることにより容易に起こる。また、メイラード反応により様々な香気成分が生成され、これらは食品の嗜好性に影響する。例えば食肉では、加熱前にはほとんど香りを感じることはないが、加熱調理により食欲をそそる香りが生成され、嗜好性が著しく向上する。香りは我々の生活に密接に関係し、その利用法のひとつとして生理作用の発現を目的としたアロマセラピーが行われてきた。これは香気成分が自律神経系あるいは遺伝子発現に影響を及ぼすことで生理作用を誘導することを利用したものである。香気成分の生理作用に関する研究は、香草や果実に由来したものが多く、食品由来の香気成分に着目した研究は少ない。メイラード反応によっても様々な香気成分が生成するが、そのような香気の吸入による生理的な作用は、最近までまったく未解明であった。

当研究室では、食肉タンパク質分解物と還元糖のメイラード反応生成香気中の **2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (DMHF)** が、自律神経系を介して血圧降下を誘導することを見出した。メイラード反応で生成される代表的な香気成分のひとつである **DMHF** は、甘くカラメル様の香りを呈し、食品の嗜好性に影響する。自律神経系は、血圧を始めとする生体パラメーターや食欲なども制御することから、**DMHF** のさらなる生理作用の発現に繋がると予想した。また、食品の中でも加熱時のメイラード反応

が重要となる食肉では、これまで加熱された牛肉の香気中に DMHF が検出されていたものの、詳細な検討例はなく、その生成に影響する要因についても不明であった。食肉における DMHF 生成要因の解明は、食肉の嗜好性および機能性の向上に寄与することが期待される。本研究では、メイラード反応により生成する香気成分 DMHF の吸入による生理作用を検討するとともに、食肉における生成量や生成要因を明らかにすることを目的とした。

第 2 章 DMHF の吸入が生体パラメーターに及ぼす影響

当研究室の先行研究では、アミノ化合物としてアミノ酸とペプチドが存在する複雑系モデルで生理作用の検討が行われたため、本研究ではアミノ酸と還元糖から調製した単純モデル系を採用した。まず、メイラード反応生成香気 of 吸入が生体パラメーター（血圧、心拍、酸化ストレス）に及ぼす影響を検討した。アミノ酸（グリシン、アルギニン、リジン）と還元糖（グルコース）を加熱して得られたメイラード反応生成香気を Wistar 系ラットに曝露した。その結果、グリシンとアルギニンから生成されたメイラード反応香気は、香気の曝露直後から血圧または心拍の低下が認められた。ガスクロマトグラフィー/質量分析により、試料中の主要な香気成分の同定を試みた。その結果、主要成分として DMHF が同定された。DMHF は単一成分のみの曝露でも有意な血圧および心拍の低下を誘導し、血漿における酸化ストレスレベルを低下させることも明らかとなった。以上の結果より、メイラード反応生成香気中の DMHF の吸入は、自律神経系に作用し、血圧を始めとした生体パラメーターを変化させることが明らかとな

った (Yokoyama et al., *Sci. Rep.*, 2020)。

第 3 章 DMHF の吸入が食欲および脳内遺伝子発現に及ぼす影響

食品の香りは食欲に大きく影響し、嗜好性にも直接的に関与する。また、食欲は自律神経系の支配を受けることから、DMHF の吸入が食欲に対しても影響すると予想した。そこで、Wistar 系ラットに DMHF を定期的 (15 分 3 日/週) に曝露し、6 週間の採食量および体重の変化を測定した。その結果、DMHF の吸入はラットの採食量を増加させることが明らかとなった。これは、吸入により副交感神経活動が促進されることに起因したものであると考えられる。続いて、これまでに得られた DMHF 吸入による生理作用と遺伝子発現の関連を解明するため、DNA マイクロアレイ法による脳内遺伝子発現の網羅的解析を行った。その結果、DMHF 吸入により発現が上昇した 180 遺伝子には、神経伝達物質や食欲の調節を行う遺伝子が存在することが判明した。以上の結果より、DMHF の吸入は、食欲を促進させ、生理作用の発現に遺伝子発現の変化も大きく関連することが明らかとなった (Yokoyama et al., *J. Food Sci.*, 2020)。

第 4 章 食肉の加熱により生成する DMHF の検出

食肉を加熱した際に生成する香気中における DMHF の研究に着手するにあたり、まず、食肉の種類に関わらず DMHF が検出されるかを検討した。市販の黒毛和牛、豪州産牛、豚、鶏のモモ肉を 230℃ で 2 分間加熱し、生成香気成分をガスクロマトグラフィー/質量分析装置で分析した。その結果、すべての食肉加熱香気中に DMHF が検出され、加熱香気全体へ寄与する成分であることも

判明した。また、加熱された食肉中に含有される DMHF を定量したところ、畜種や部位によりその生成量が異なっていた。さらに、DMHF 生成は熟成期間に伴って変化すること、飼養条件が異なる牛肉においても違いがみられることも明らかになった。食肉中におけるメイラード反応基質（遊離アミノ酸およびグルコース含量）を測定したところ、特にグルコース含量が DMHF 生成に大きく影響することが示唆された。第 2、3 章で示したように DMHF は吸入により様々な生理作用を発現することから、加熱された食肉において、DMHF の制御は嗜好性向上および機能性付与に繋がる。以上より、食肉加熱時の DMHF 生成は、諸条件によって変動し、その変動は肉中のグルコースなどの影響を受けることが明らかになった（横山ら，東北畜産学会報，2020）。

第 5 章 総括

本研究では、メイラード反応生成香気である DMHF の吸入が、自律神経系および遺伝子発現に作用し、血圧などの生体パラメーターや食欲が変化することを見出した。さらに、これまで報告例に乏しかった食肉の加熱香気における DMHF 生成量が、諸条件により異なるという知見を得た。これらの成果は、食肉を始めとしたメイラード反応を利用する食品において、香気成分である DMHF に注目することにより、嗜好性と機能性の両者を向上させることが期待される。