

安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業

「食品中の3-MCPD脂肪酸エステル類及びグリシドール脂肪酸エステル類に関する研究」

令和4年度 最終年度報告書

課題番号	18064872
課題名	食用精製油脂中の3-MCPDE、GE濃度の管理技術の開発

研究実施期間	平成30年度～令和4年度（5年間）
代表機関	一般社団法人 日本植物油協会
研究総括者	伊藤 雅淑
研究総括者 連絡先	TEL : 03-3271-2705
	FAX : 03-3271-2707
	E-mail : ito@oil.or.jp
共同研究機関	ボーソー油脂株式会社
	不二製油グループ本社株式会社
	株式会社Jーオイルミルズ
	日清オイリオグループ株式会社
	昭和産業株式会社
	築野食品工業株式会社
	一般社団法人 日本油料検定協会

＜別紙様式 3＞最終年度報告書

1 研究目的

3-MCPD脂肪酸エステル類（3-MCPDE）及びグリシドール脂肪酸エステル類（GE）は、近年の分析化学の発展によって食品への含有が確認された成分であり、ともに油脂の精製工程において意図せず生成される物質である。2016年5月に欧州食品安全委員会（EFSA）、2016年11月にFAO/WHO合同食品添加物専門家会合（JECFA）において、3-MCPDE及びGEのリスク評価が報告された。食品安全委員会は平成29年6月に「食品中の3-MCPD脂肪酸エステルの濃度を低減するための適切な取り組みが進められることが重要」との考えを示した。また、コーデックス食品汚染物質部会では「精製油脂及び乳児用調製乳等中の3-MCPDE及びGEの低減のための実施規範」の作成が進められており、国際的に3-MCPDE、GEの低減の取り組みが進められている。

我が国においても企業毎に3-MCPDE、GEの低減の取り組みを進めてきているが、食用植物油脂の精製方法や条件を変えることにより、3-MCPDE、GEを低減する際に油脂としての品質が損なわれたり、他の有害物質等が増えたりしていないかどうかの検証をする必要があるが、そのような知見が不足している。

このため、本研究では、

食用精製油脂中の3-MCPDE、GE濃度の管理技術の開発により、食用植物油脂の精製方法や条件を変えることによる3-MCPDE、GE等の生成に及ぼす影響と、その際の油脂の品質やその他の化学物質（トランス脂肪酸等）の濃度に及ぼす影響をあわせて把握と低減方法の実行可能性を総合的に検証し、有効かつ実行可能性のある3-MCPDE・GE低減技術に関する知見を調査、蓄積することを目指す。

その結果、

1. 業界内で共有し、各社が3-MCPDE・GE低減に向けた製造技術の確立に活用
2. 高品質でより安全な植物油脂を供給
3. 国内製造事業者の植物油脂の競争力の向上

が期待される。

2 研究内容

(1) 研究課題

1) 食用精製油脂中の3-MCPDE、GE濃度の管理技術の開発

食用植物油脂の精製方法・条件を変えることによる3-MCPDE、GE等の生成に及ぼす影響とその際の油脂の品質や他の化学物質（トランス脂肪酸等）の濃度に及ぼす影響をあわせて把握し、低減方法の実行可能性について総合的に検証する。

精製方法及び条件の検討は、脱色工程における活性白土の使用量や脱臭工程における脱臭温度の変化等、国内で報告のある特許や情報、欧州の低減技術、コーデックス委員会に集められた低減技術を参考に現状の生産設備を考慮しつつ検討を進めることとする。また、品質面の指標は酸価、風味、色相等、化学物質の指標は、トランス脂肪酸等、その他の必要な指標を検討して評価に加えていくこととする。

＜本研究において対象とする油種の選定＞

食品を通じた3-MCPDE及びGEの摂取による人の健康への影響について、FAO/WHO合同食品添加物専門家会議（JECFA）が2016年に評価し、精製油や乳児用調製乳中の3-MCPDEやGEの低減のための努力を継続することを推奨した。近年、国際的に油脂（特に乳幼児用調製乳に用いられる油脂）中の3-MCPDEおよびGEを可能な限り低減させることが望まれている。乳幼児用調製乳にはパーム油が多く用いられており、かつパーム精製油中には他の油種と比べ、3-MCPDEやGEが比較的多く含まれていることが確認されている。このことから、本コンソーシアムでは、対象油種としてパーム油及びその分別油であるパームオレインでの評価から始めることとした。その結果をもとに、国内で精製を行っているこめ油及びコーン油を対象として、3-MCPDE、GEの生成抑制の影響について、原油及び工程油を用いて精製方法や使用する白土の変更等の検討を行った。

(2) 達成目標

食用植物油脂の精製方法や条件の変更による3-MCPDE・GE濃度への影響と、油脂の品質や他の化学物質の濃度に及ぼす影響も把握し、低減方法の実行可能性を総合的に調査する。品質管理に使用しやすい指標と3-MCPDE・GE濃度の関係を調査する。その結果をもとに合わせて4つ以上の知見を得て、有効かつ実行可能な3-MCPDE・GE管理技術を開発する。

(3) 研究開発された成果の取扱い

有効かつ実行可能性のある3-MCPDE・GE低減技術に関して得られた知見を、今回の研究グループの代表機関である日本植物油協会が、農林水産省と連携して業界内で共有し、各社が3-MCPDE・GE低減に向けた製造技術の確立に活用して高品質でより安全な植物油脂を供給していく。

(4) 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室	
	30	31	R2	3	4	機関	研究室
1. 植物油脂の3-MCPDE、GE等の生成に及ぼす影響の把握							
(1) 低減方法、条件調査	調査					○ボーソー油脂 ○不二製油グループ本社 ○J-オイルミルズ ○日清オイログループ ○昭和産業 ○築野食品工業	開発部 未来創造研究所 基盤研究所 中央研究所 基盤技術研究所 企画開発部
(2) パーム油、パームオレインによる検証、調査	精製方法・条件の検証						
(3) とうもろこし油、こめ油による検証、調査	精製方法・条件の検証						
(4) 大豆油、菜種油による検証、調査	精製方法・条件の検証						
(5) その他植物油脂による検証、調査	精製方法・条件の検証						
(6) 3-MCPDE、GE他の分析	分析					日本油料検定協会	総合分析センター 分析技術センター

(5) 研究体制

【代表機関】日本植物油協会

情報管理統括責任者

役職：専務理事

氏名：齊藤 昭

情報管理責任者

役職：理事

氏名：前任者 水野 毅

(～2022. 5)

後任者 伊藤雅淑

(2022. 6～)

【ボーソー油脂】

情報管理責任者 役職：生産技術部長

氏名：石川 賢司

【不二製油グループ本社】

情報管理責任者 役職：開発部門油脂開発室

阪南第一グループ主任研究員

氏名：堀 遂人

【J-Oil Mills】

情報管理責任者 役職：フードデザインセンター
イノベーション開発部長

氏名：竹内 茂雄

【日清オイリオグループ】

情報管理責任者 役職：生産統括部
次長

氏名：高田 裕樹

【昭和産業】

情報管理責任者 役職：生産技術部 主席

氏名：今井 貴士

【築野食品工業】

情報管理責任者 役職：企画開発部 課長

氏名：小石 翔太

【日本油料検定協会】

情報管理責任者 役職：総合分析センター
センター長

氏名：谷口 日出二

(6) 実施体制

	機関	研究室	研究担当者	エフォート (%)
研究総括者	日本植物油協会		前任者 ◎水野 毅 (～2022. 5) 後任者 ◎伊藤 雅淑 (2022. 6～)	25 25
1. 食用植物油の精製方法が3-MCPDE、GE等の生成に及ぼす影響の把握				
(1)食用植物油（パーム油、大豆油、なたね油、こめ油等）中の3-MCPDE、GEの低減に有効な精製方法及び条件の検討	ボーソー油脂 不二製油グループ本社 J-オイルミルズ 日清オイリオグループ 昭和産業 築野食品工業		堺谷 荘太 津村 和伸 片岡 久 平井 浩 山田 真也 瀬越 博明	10 10 10 10 10 10
(2)3-MCPDE、GE、トランス脂肪酸濃度等の分析	日本油料検定協会		○谷口 日出二 兵藤 公彦 木曾 昌彦	41 18 18

(注1) 研究総括者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付すこと。

(7) 各年度の研究費

平成30年度 7,336,416 円
平成元年度 8,780,000 円
令和2年度 7,024,000 円
令和3年度 5,807,694 円
令和4年度 5,500,000 円

(以下同じ)

3 研究成果の概要

(1) 主な成果

1) 成果の内容

①生成した 3-MCPDE、2-MCPDE 及び GE の低減方法の調査、検討

【対象油種：海外の生産国での精製後に 3-MCPDE、2-MCPDE 及び GE が生成した状態で国内に輸入されている RBD※パーム油及び RBD パームオレイン】

- ・酸性白土及び中性白土の処理により、GE を定量下限 (0.1 mg/kg) 以下まで低減できることを確認した。また、リン酸及びリン酸と NaOH の組合せ処理と、酸性度の高い (pH の低い) 活性炭での処理による GE 低減も確認した。
- ・しかしながら、生成した 3-MCPDE、2-MCPDE については精製方法・条件等の変更による低減は難しいことを確認した。

※Refined, Bleached, Deodorizedの略称で、脱色・脱臭などの精製がされたことを指す

②3-MCPDE、2-MCPDE 及び GE の生成要因及び抑制方法についての調査、検討

【対象油種：海外の生産国において、精製される前のパーム原油】

- ・パーム油で実施されている通常の物理精製処理の前にアルカリ処理及び温水処理をすることにより、3-MCPDE (及び 2-MCPDE) の生成を抑制できることを確認した。その効果は、アルカリ処理>温水処理であった。また、その指標として、油中の 3-MCPDE (及び 2-MCPDE) 濃度と総塩素量との関連があることを確認した。
- ・一方、GE については、白土の種類及び添加量の違いや精製処理前のアルカリ処理及び温水処理による生成抑制効果は確認できなかった。

③国内で生産される植物油における 3-MCPDE、2-MCPDE 及び GE の低減方法と品質についての調査、検討

【対象油種：こめ油及びコーン油】

- ・未脱ガム油、脱ガム油では、3-MCPDE、2-MCPDE、GE ともに定量下限 (0.1 mg/kg) 未満の濃度であり、パーム原油での試験と同様、脱酸処理での塩素含量の低減効果の影響が大きいことを確認した。
- ・脱臭においては、温度が低くなると 3-MCPDE、2-MCPDE、GE の生成を抑制できること、時間が短くなると 3-MCPDE、2-MCPDE、GE の生成を抑制できることを確認した。しかし、「脱臭温度をさげる」「脱臭時間を短くする」ことにより、食品としては問題ないレベルではあるが、対照区とは異なった風味（重くなる）を呈し、賞味期限が短くなることが危惧されるため、極端な低温及び短時間での脱臭条件では、従来通りの品質保持が難しいことを確認した。
- ・また、最初の脱臭で生じた GE は、再脱色で低減され、再脱臭を低温で実施することにより、低濃度に生成を抑えられることを確認した。

④品質管理指標

- ・パーム原油の脱色後の総塩素含量と生成する 3-MCPDE、2-MCPDE 濃度に相関がみられたが、GE との相関は確認できなかった。
- ・こめ油およびコーン油ともにトランス脂肪酸濃度と GE 濃度とに相関がみられた。

- ・こめ油およびコーン油の未脱ガム油および脱ガム油の酸価と総塩素含量には相関はみられなかったが、コーン油のジグリ含量との相関を確認した。

	①3-MCPDE、2-MCPDE 及びGE 前駆体物質の抑制	②脱臭工程条件による3-MCPDE、 GEの生成抑制	③生成した3-MCPDE、GEの除去	④品質管理指標
パーム油	・物理精製処理前のアルカリ処理及び温 水処理:3-MCPDE、2-MCPDE、総塩 素量（アルカリ処理＞温水処理）		・脱色（白土）：GE（アルカリ＞酸性 ＞中性） ・酸性度の高い活性炭処理：GE ・リン酸処理：GE	・脱色後の総塩素量と脱臭後の3- MCPDE濃度（及び2-MCPDE）は、相 関
こめ油	・脱ガム処理：総塩素量	・230℃以下の脱臭 ・30分脱臭 ※対照：250℃60分	・脱色（酸性白土）：GE	・トランス酸とGEは非常に強い相関
コーン油	・脱ガム処理：総塩素量	・230℃以下の脱臭 ・30分脱臭 ※対照：250℃60分	・脱色（酸性白土）：GE	・トランス酸とGEは相関

2) 成果の活用

安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業「食品中の 3-MCPD 脂肪酸エステル類及びグリシドール脂肪酸エステル類に関する研究」で得られた知見を、今回の研究グループの代表機関である日本植物油協会が、農林水産省と連携して「食品中の 3-MCPDE/GE の低減のための手引き」（令和 2 年 10 月公表）に反映する等により業界内で共有し、各社が 3-MCPDE・GE 低減に向けた製造技術の確立に活用して高品質でより安全な植物油脂を供給していく。また、本研究で得られた技術及びその効果に関する根拠データについては、例えば、学会発表や学術論文などを通じて情報発信するとともに、将来、コーデックス委員会において「精製油及び精製油を用いた食品中の 3-MCPDE 及び GE 低減のための実施規範」（CXC 79-2019）の改定作業が行われる際には、同実施規範に盛り込まれるよう情報提供する。

(2) 各研究課題の成果

1) 3-MCPDE、2-MCPDE及びGEの低減方法の調査、検討

(ア) 研究目標

国内でRBDパーム油及びRBDパームオレインを精製する際に、脱色工程で使用する白土種類に対する影響を調査する。更に、新たな3-MCPDE、GE濃度の低減方法として、酸・アルカリを使用した処理や活性炭処理を行って、3-MCPDE、GE濃度への影響を調査する。

(イ) 研究内容

国内に輸入されたRBDパーム油及びRBDパームオレインを用いて、共同研究機関 6 社にて脱色工程で使用する白土の種類を酸性、中性、アルカリ性のものに変えて、RBD パーム油及びRBDパームオレイン中の3-MCPDE及びGE濃度の低減に対する影響の評価を行った。

また、国内に輸入されたRBDパーム油及びRBDパームオレイン中の3-MCPDE及びGE濃度の新たな低減方法として、リン酸や苛性ソーダ及びその組み合わせの処理や活性炭の種類を変えた吸着処理を行い、それぞれの濃度への影響についての評価を行った。

(ウ) 研究結果

(1) 白土の種類によるRBDパーム油及びRBDパームオレイン中の3-MCPDE及びGE濃度への影響

白土A：酸性（pH3.0）、白土B：中性（pH5.3）、白土C：アルカリ性（pH10.3）

を用いてRBDパーム油及びRBDパームオレインを脱色処理し、3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度の増減について確認した。RBDパーム油は3社が2併行、RBDパームオレインは別の3社が2併行で試験を行った。各試験は油脂（約0.8kg）を採取し、各社のラボスケールの装置を用いて実施した（以降、全ての試験において共通）。その結果を表1に示す。白土の種類の変更は、3-MCPDE、2-MCPDEの増減に影響はなかった。しかし、GEは酸性の白土A及び中性の白土Bの処理により、定量下限（0.1 mg/kg）以下の濃度まで低減できることを確認した。アルカリ性の白土Cの処理でのGE低減効果は、やや低いものであった。また、酸性の白土Aでは、酸価の上昇とトコフェロール含量が低下がみられ、品質面（抗酸化作用など）での留意が必要であることが示唆された。これらの結果は6社で共通していた。

表1）脱色処理：白土の違いによる3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度

	3-MCPDE(mg/kg)	2-MCPDE(mg/kg)	GE(mg/kg)	酸価	トコフェロール(mg/100g)
RBDパーム油	3.3	1.6	6.5	0.26	18.83
白土A 2%処理品(n=6)	3.3[3.2~3.4]	1.8[1.7~2.0]	<0.1	0.33[0.32~0.36]	14.86[13.19~16.91]
白土B 2%処理品(n=6)	3.3[3.2~3.4]	1.7[1.6~2.0]	<0.1	0.24[0.23~0.25]	16.39[15.58~16.91]
白土C 2%処理品(n=6)	3.3[3.1~3.5]	1.8[1.5~2.0]	4.3[4.0~4.6]	0.23[0.23~0.24]	15.61[14.91~16.41]
RBDパームオレイン	3.3	1.6	7.8	0.29	25.84
白土A 2%処理品(n=6)	3.3[3.2~3.5]	1.8[1.6~2.1]	<0.1	0.36[0.34~0.40]	15.79[12.77~18.48]
白土B 2%処理品(n=6)	3.3[3.2~3.4]	1.8[1.6~2.0]	<0.1	0.28[0.27~0.29]	23.65[22.15~25.07]
白土C 2%処理品(n=6)	3.3[3.1~3.4]	1.8[1.7~2.1]	5.7[5.0~6.2]	0.27[0.27~0.28]	21.59[20.28~23.88]

※平均[最小~最大]

※白土A：酸性（pH3.0）、白土B：中性（pH5.3）、白土C：アルカリ性（pH10.3）

(2) 酸、アルカリ処理によるRBDパーム油及びRBDパームオレイン中の3-MCPDE及びGE濃度への影響

リン酸、NaOH及びその組み合わせ（リン酸添加・攪拌後にNaOH添加・攪拌し、その後80℃の温水15%で洗浄）で、RBDパーム油及びRBDパームオレインを処理して、3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度の増減を確認した。RBDパーム油は3社が2併行、RBDパームオレインは、別の3社が2併行で試験した。

リン酸処理は、リン酸（85%）を添加（0.1w/w%）、攪拌（60分）、15%の温水（80℃）で洗浄、遠心分離、減圧乾燥を行った。NaOH処理は、NaOH（15%）を添加（0.5+酸価中和相当w/w%）、攪拌（60分）、15%の温水（80℃）で洗浄、遠心分離、減圧乾燥を行った。リン酸、NaOHの組み合わせは、リン酸添加、攪拌後にNaOH添加、攪拌、温水洗浄、遠心分離、減圧乾燥を行った。（薬品の添加量、反応時間等はリン酸、NaOH単独の処理と同条件）

その結果を表2に示す。リン酸、NaOH及びその組み合わせで処理では、3-MCPDE、2-MCPDEの増減の影響はみられなかった。また、リン酸処理及びリン酸と苛性ソーダの組み合わせ処理でGEの低減がみられたが、NaOH単独での処理では、低減や増加効果はみられなかった。これらの結果は、6社で共通していた。公開特許情報の「有機酸及び/又は無機酸を脱色工程直前に添加によるGEの低減」と同様の効果がみられた。

表 2) NaOH、リン酸処理による3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度

	3-MCPDE(mg/kg)	2-MCPDE(mg/kg)	GE(mg/kg)
試験RBDパーム油	3.3	1.6	6.5
リン酸処理品(n=6)	3.3 [3.2~3.5]	1.7 [1.7~1.8]	1.5 [0.9~2.7]
NaOH処理品(n=6)	3.2 [3.1~3.3]	1.8 [1.7~2.0]	6.9 [6.2~8.9]
リン酸、NaOH処理品(n=6)	3.3 [3.2~3.4]	1.7 [1.6~1.8]	2.4 [0.2~4.7]
RBDパームオレイン	3.7	1.6	7.8
リン酸処理品(n=6)	3.2 [3.1~3.3]	1.7 [1.4~1.8]	3.2 [1.9~5.0]
NaOH処理品(n=6)	3.2 [3.0~3.4]	1.7 [1.4~2.0]	7.2 [7.0~7.7]
リン酸、NaOH処理品(n=6)	3.3 [3.2~3.5]	1.7 [1.3~1.8]	5.9 [4.8~6.7]

※平均 [最小~最大]

(3) 活性炭処理によるRBDパームオレイン中の3-MCPDE及びGE濃度への影響

RBDパームオレインの活性炭処理による3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度の増減への影響を確認した。試験は1社で各活性炭試験を行った。

試験に供した活性炭は、その原料や賦活方法等の性状を変化させた12種類を用いた。その結果を表3に示す。いずれの活性炭も3-MCPDE、2-MCPDEの減少は、確認できなかった。活性炭の種類によっては濃度が上昇したものもあった。その要因を調査したところ、GE等の濃度が上昇した活性炭は、塩化物量が非常に多かったことから、活性炭中に残存していた塩素により、3-MCPDE、2-MCPDEが増加したものと推定される。しかし、白土と同様に酸性度の高い（pHの低い）活性炭での処理では、GEの低減効果が確認された。

表 3) 活性炭処理による3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度

試験油			3-MCPDE(mg/kg)	2-MCPDE(mg/kg)	GE(mg/kg)
RBDパームオレイン			3.6	1.7	7.3
活性炭			3-MCPDE(mg/kg)	2-MCPDE(mg/kg)	GE(mg/kg)
	塩化物量 (%)	pH			
白鷺WP-H	0.012	7.1	11	2.1	2.6
白鷺WP	0.009	8.7	3.8	1.6	5.2
LP19-034	0.002	10.0	3.5	1.7	6
LP19-044	0.002	10.6	3.4	1.6	6.3
白鷺WP-Z	0.021	6.5	6.7	1.7	1.4
LP19-035	0.203	3.5	97.0	9.6	<0.1
LP19-036	0.041	10.7	3.3	1.6	6.7
LP19-037	0.003	7.7	3.7	1.9	5.9
LP19-038	0.007	5.6	3.7	2.2	<0.1
LP19-056	—	—	3.3	1.5	6.5
LP19-057	—	—	3.2	1.6	5.2
LP19-058	—	—	3.2	1.5	6.7

※n=1

(1)～(3)の検討結果より、生産国での加工時においてRBDパーム油及びRBDパームオレイン中に生成されたGEは、酸性及び中性の白土により低減できること。また、RBDパームオレイン中に生成されたGEは、酸性の活性炭により低減できることを確認したが、3-MCPDE、2-MCPDEの低減は、非常に難しいことを確認した。

(エ) 研究成果の活用における留意点

酸性および中性白土の処理でGEの低減がみられたが、酸性白土を用いた場合、酸価が上昇し、トコフェロール含量が低下する点は品質面（酸化安定性の低下）での留意が必要である。

(オ) 研究目標の達成に当たっての問題点

RBDパーム油及びRBDパームオレインは、海外の生産国での加工後に3-MCPDE、2-

MCPDE及びGEが生成した状態で国内に輸入されているため、生産国での加工にまで手を出せない。したがって、生産実用化レベルでの低減方法の開発が極めて難しい。しかし、実質的に対応が難しい状況の中で、生産国の加工によって既に生成した油中の3-MCPDE、2-MCPDE及びGEの低減方法の開発をすることにより、精製の初期段階での発生を抑制することが、油中の3-MCPDE、2-MCPDE及びGE濃度の低い製品に繋がることから、生産国での加工方法の検討が必要と考えられる。

<引用文献>

特開2021-164466 グリシドール及びグリシドール脂肪酸エステル含有量を低減させた食用油脂及びその製造方法
JP2022015176 育児用調製粉乳用油脂組成物の製造方法
特開2021-17452 精製油脂の製造方法（補正）
特開2021-120465 精製油脂の製造方法（補正）

2) 3-MCPDE、2-MCPDE及びGEの生成要因及び抑制方法についての調査、検討

(ア) 研究目標

国外での加工前のパーム原油についての加工時の精製条件の検討を行い、3-MCPD等の生成を低く抑える加工方法について検討する。

(イ) 研究内容

パーム原油を入手し、海外で実施している物理精製法だけではなく、大豆油や菜種油で実施しているアルカリ精製法や、物理精製法の前段でのパーム原油中の塩素成分を低減するための洗浄等の精製条件の検討、脱色工程で使用する白土の種類と添加量の調査を行い、3-MCPDE等の生成を現状より低減する方法の検討を行った。

(ウ) 研究結果

(1) 精製方法による3-MCPDE生成抑制への影響調査

パーム原油を①物理精製法（従来法）、②アルカリ処理＋温水処理＋物理精製、③温水処理＋物理精製の3種類の方法で、2ロットのパーム原油（CPO-2、-3）を用いて精製を行い、3-MCPDE（及び2-MCPDE）、GEについての生成状況を確認した。

それぞれの詳細は、①では、パーム原油を、酸性白土2%(w/w)を用いて脱色し、250℃、60分の条件で脱臭した。②では、パーム原油に、15%NaOH水溶液を酸価中和量加え、60分反応させるアルカリ処理を行うとともに、80℃のイオン交換水を15%(w/w)加え10分間×2回洗浄した後、①と同様に脱色、脱臭した。③では、パーム原油に、80℃のイオン交換水を20%(w/w)加え10分間×2回洗浄した後、①と同様に脱色、脱臭した。CPO-2について3社が2併行で、また、CPO-3について別の3社が2併行で試験した。

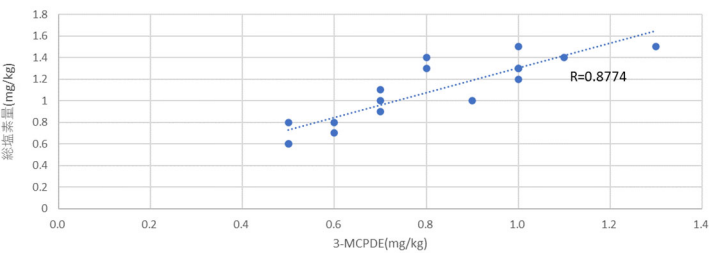
その結果を表4に示す。物理精製処理の前にアルカリ処理及び温水処理を追加することにより、3-MCPDE（及び2-MCPDE）の低減が図れ、総塩素量の低下が確認できた。その効果は、アルカリ処理＞温水処理であった。GEについては、従来法、アルカリ処理追加、温水処理追加による影響、低減効果はみられなかった。これらの結果は、6社で共通していた。パーム粗油の温水処理は、3-MPCDEの生成抑制とのCodex実施規範（CXC79-2019）と同様の結果が見られた。

また、脱色後の総塩素量と脱臭後の3-MCPDEは、相関がみられたが（図1）、脱臭後のGE濃度には相関はみられなかった。

表4）アルカリ及び温水処理によるGE等の含量

	CPO-2				CPO-3			
	3-MPCDE (mg/kg)	2-MPCDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	総塩素量 (mg/kg)	3-MPCDE (mg/kg)	2-MPCDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	総塩素量 (mg/kg)
パーム原油	0.6	0.2	0.3	5.9	0.2	<0.1	<0.1	2.9
試験方法	脱臭油				脱臭油			
	3-MPCDE (mg/kg)	2-MPCDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	総塩素量 (mg/kg)	3-MPCDE (mg/kg)	2-MPCDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	総塩素量 (mg/kg)
物理精製	平均 1.1	0.4	3.8	1.15	0.4	0.1	10.3	0.35
n=6	範囲 1.0~1.3	0.3~0.4	0.6~9.0	1.0~1.3	0.4~0.5	0.1~0.2	2.2~20.0	0.2~0.5
アルカリ処理追加	平均 0.5	0.2	3.5	0.7	0.2	<0.1	6.2	0.22
n=5	範囲 0.5~0.6	0.1~0.2	2.5~4.5	0.6~0.9	0.1~0.2	—	2.7~11.0	0.2~0.3
温水処理追加	平均 0.8	0.2	3.6	1.03	0.3	<0.1	10.6	0.23
n=6	範囲 0.7~0.9	0.2~0.3	1.1~8.7	0.7~1.2	0.3~0.4	—	0.8~23.0	0.~0.3

図1）脱色後の総塩素量と脱臭後の3-MCPDE



(2) 白土の添加量及び種類による3-MCPDE生成抑制への影響調査

パーム原油を物理精製法（従来法）で脱色処理する際の白土添加量及び白土の種類による3-MCPDE（及び2-MCPDE）、GEについての生成状況の確認を行った。白土A及び白土Bについては2社が2併行、白土Cについては別の2社が2併行、白土なしについては白土A、B、C4社の内の3社が2併行で試験した。

具体的には、白土A（pH 3.0）、白土B（pH 5.3）、白土C（pH 10.3）のそれぞれについて、2%(w/w)、1%(w/w)、0.5%(w/w)の3種類の添加量で脱色し、その後250℃で60分脱臭した。

その結果を表に示す。3-MCPDE（及び2-MCPDE）は、アルカリ性（白土C）＞酸性（白土A）＞中性（白土B）の順に生成抑制効果があることを確認した。また、いずれの白土においても、添加量を増加させることにより生成が低減することを確認した。これらの結果は、6社で共通していた。

表5) 白土の種類及び添加量の違いによるGE等の含量

CPO3バーム原油		3-MPCDE(mg/kg)	2-MPCDE(mg/kg)	GE(mg/kg)	総塩素量(mg/kg)
		0.2	<0.1	<0.1	2.9
白土種類	白土添加量	3-MPCDE(mg/kg)	2-MPCDE(mg/kg)	GE(mg/kg)	総塩素量(mg/kg)
		平均 [最小~最大]	平均 [最小~最大]	平均 [最小~最大]	平均 [最小~最大]
白土A n=4平均値	2%	0.3[0.2~0.4]	0.1[0.1]	11.45[4.5~23.0]	0.30[0.2~0.4]
	1%	0.48[0.4~0.6]	0.18[0.1~0.2]	8.55[1.5~21.0]	0.4[0.2~0.4]
	0.5%	0.6[0.5~0.7]	0.2[0.2]	12.3[2.0~21.0]	0.48[0.4~0.6]
白土B n=4平均値	2%	0.43[0.3~0.5]	0.13[0.1~0.2]	10.83[2.5~23.0]	0.33[0.2~0.5]
	1%	0.6[0.5~0.7]	0.28[0.2~0.3]	9.75[1.8~19.0]	0.48[0.4~0.6]
	0.5%	0.6[0.5~0.7]	0.28[0.2~0.3]	13.55[8.5~19.0]	0.48[0.3~0.6]
白土C n=4平均値	2%	0.15[0.1~0.2]	<0.1	8.05[4.6~11.0]	0.2[0.2]
	1%	0.25[0.2~0.3]	<0.1	8.33[5.1~11.0]	0.23[0.2~0.3]
	0.5%	0.28[0.2~0.4]	0.05[<0.1~0.1]	9.3[6.2~11.0]	0.28[0.2~0.3]
白土なし n=6平均		1.97[1.7~2.5]	0.8[0.7~0.9]	7.9[2.7~15.0]	1.72[1.5~2.1]

※白土A：酸性（pH3.0）、白土B：中性（pH5.3）、白土C：アルカリ性（pH10.3）

(エ) 研究成果の活用における留意点

パーム原油からRBDパーム油を処理する工程での条件、方法により、3-MCPDE及び2-MCPDEの生成抑制みられたが、白土処理後の脱臭（表5）ではGEの増加がみられたため、GEを生成させない脱臭条件の検討が必要である。

(オ) 研究目標の達成に当たっての問題点

パーム原油からRBDパーム油を処理する工程においての条件、方法により、3-MCPDE及び2-MCPDEの生成抑制についての知見が得られたが、これらの生成抑制での条件、方法による脱臭後の製品の品質（特に風味）への影響や製造コスト等の確認が必要である

<引用文献>

JP2022011418 精製油脂の製造方法

3) 国内で生産される植物油における3-MCPDE、2-MCPDE及びGEの低減方法と品質についての調査、検討

(ア) 研究目標

国内で精製されている植物油のうち、こめ油及びコーン油についての3-MCPDE、GE濃度の低減について、パーム油で得られた知見を基に精製条件の検討を行う。併せて、特許や文献情報をもとに新たに工程操作の追加等の検証をする。また、品質管理項目として塩素含量等の新たな項目についての検証を継続する。また、国内で精製しているこめ油とコーン油を中心に3-MCPDE、GE濃度の生成抑制を検証し、合わせて品質管理項目として塩素含量等の項目についての検証を実施する。

(イ) 研究内容

こめ油及びコーン油を対象油として、3-MCPDEの低減は、原油及び工程油を用いて精製方法に塩素低減工程等の付加や使用する白土の変更等の検討を行った。また、GEの低減は、脱色条件の検証を実施した。併せて、品質管理項目として、塩素含量やモノアシルグリセロール・ジアシルグリセロール含量の分析を行い、3-MCPDE、GE濃度との関連を調査した。特許情報からの新たな3-MCPDE、GEの低減として、脱臭時のKOH添加の検証を実施した。

(ウ) 研究結果

(1) こめ油及びコーン油の未脱ガム油、脱ガム油の性状調査

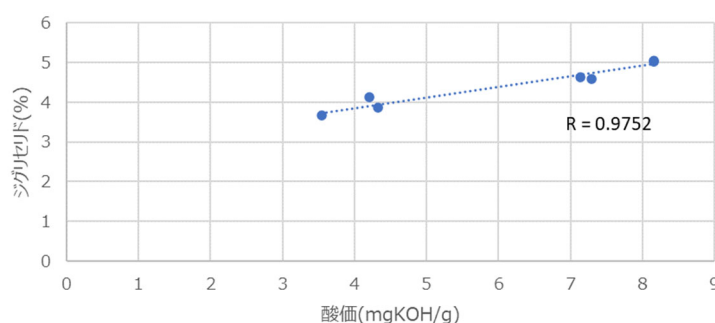
こめ油及びコーン油の搾油後の未脱ガム油(粗油)及び脱ガム油(原油)を工程より採取し、3-MCPDE、GE、総塩素含量の確認とともに、3-MCPDEの生成抑制の因子となる総塩素含量、品質管理に使用する酸価の項目と、油中の塩素含量やモノグリ・ジグリ含量についての相関等を調査した。こめ油を3社が2併行で、また、コーン油を別の3社が2併行で試験した。

その結果を表6)に示す。こめ油及びコーン油ともに、未脱ガム油、脱ガム油では、3-MCPDE、2-MCPDE、GEともに定量下限(0.1 mg/kg)未満の濃度であり、搾油直後に3-MCPDE、2-MCPDE、GEは生成しないことが示唆された。また、酸価に対して、総塩素含量との相関はないものの、コーン油(未脱ガム油・脱ガム油)のジグリ含量とは、相関がみられた。(図2)

表6) 3-MCPDE、2-MCPDE、GEと総塩素量及びジグリ含量

	3-MCPDE (mg/kg)	2-MCPDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	総塩素量 (mg/kg)	ジグリ w/w%	酸価
こめ未脱ガム油 n=3	<0.1	<0.1	<0.1	1.6~4.6	6.4~6.5	15.3~19.7
こめ脱ガム油 n=4	<0.1	<0.1	<0.1	1.2~2.7	6.2~6.9	14.5~22.6
コーン未脱ガム油 n=3	<0.1	<0.1	<0.1	1.4~3.4	4.1~5.0	4.2~8.2
コーン脱ガム油 n=4	<0.1	<0.1	<0.1	0.8~1.8	3.7~4.6	3.5~7.3

図2) コーン油(未脱ガム・脱ガム)の酸価とジグリセリドの相関



(2) 精製工程での性状確認及び脱ガムによる影響調査

(1) で性状調査したこめ油及びコーン油の未脱ガム油及び脱ガム油での精製操作による総塩素量及びジグリ量と脱臭油での3-MCPDE、2-MCPDE、GE濃度を調査した。こめ油について3社が2併行で、また、コーン油について別の3社が2併行で試験した。

精製操作の詳細は、脱酸については、未脱ガム油または脱ガム油にリン酸を0.1%添加し、反応させた後、リン酸の中和量と遊離脂肪酸の中和量のNaOHを加えて攪拌(40℃、1時間)、80℃程度に昇温後、遠心分離を行った。その後、80℃程度の温水を15%添加し、10分間攪拌して遠心分離(同様操作を2回実施)を行った。脱色については、2%の酸性白土で攪拌(110℃、30分)し、ろ過した。脱臭については、250℃60分で行った。

その結果、表2の様に、脱ガム処理【あり／なし】での3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成量についての差は、みられなかった。また、脱ガム処理で塩素量が低減されたものの、脱酸処理後では、ほぼ同程度の塩素量となり、塩素の低減には、パーム原油での試験同様、脱酸処理での影響が大きいことを確認した。その後の脱酸～脱臭処理では、塩素含量、モノグリ・ジグリ含量の減少、変化はほとんどなかった。これらの結果は、6

社で共通していた。

表 7) こめ油及びコーン油の精製工程におけるGE等の含量

		3-MCPDE (mg/kg)	2-MCPDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	塩素 (ppm)	ジグリ (w/w%)
こめ未脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	1.6	6.38
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.6	5.4
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.6	5.38
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.32	0.16	2.83	0.47	5.4
	範囲	0.2~0.4	<0.1~0.2	1.6~4.5	0.4~0.6	5.06~5.62
こめ脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	1.2	6.23
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.52	5.24
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.52	5.24
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.33	0.15	3.2	0.45	5.31
	範囲	0.2~0.4	<0.1~0.2	2.0~5.2	0.3~0.6	5.02~5.65
コーン未脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	1.4	4.12
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.45	3.53
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.47	3.49
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.13	<0.1	1.33	0.4	3.68
	範囲	<0.1~0.2	<0.1~0.1	0.4~3.5	0.3~0.6	3.49~3.85
コーン脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	0.8	3.66
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.38	3.51
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.4	3.46
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.15	<0.1	1.45	0.35	3.66
	範囲	<0.1~0.4	—	0.4~3.8	0.3~0.5	3.49~3.83

(3) 原油性状の違いによる影響調査

こめ油、コーン油は1年の中で原油の性状が変化することが知られている。特に品質評価で用いられる酸価の値の変動が大きく表れる。今回それ以外の塩素、モノグリ・ジグリ含量の変化と、その原油を精製してできる3-MCPDEやGEの値の違いについて、搾油時期の異なる（4月、8月）こめ油及びコーン油の脱ガム油を使用し、その性状の違いによる3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成状況について確認した。こめ油について3社が2併行で、また、コーン油について別の3社が2併行で試験した。精製操作は、工程より採取した脱ガム油を用いて脱酸（リン酸、NaOH処理）、脱色（酸性の白土A2%）、脱臭（250℃60分）で行った。その他の条件は(1)と同様。

その結果を表8に示す。脱ガム油中の総塩素量が高いと、精製後の塩素の残存量も多く、3-MCPDE、2-MCPDE濃度も高い傾向であった。しかし、原油の酸価、ジグリ含量とGE濃度についての相関は確認できなかった。なお、今回の試験ではLab試験での影響因子を把握するために、脱臭温度を250℃と高い設定をしており、脱臭後の油中のGE濃度は、通常製品より高い値であった。これらの結果は、6社で共通していた。

表 8) 原油性状の違いによるGE等の含量

		3-MCPDE(mg/kg)	2-MCPDE(mg/kg)	GE(mg/kg)	塩素(ppm)	ジグリ(w/w%)
4月こめ脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	1.2	6.23
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.52	5.24
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.52	5.24
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.33 [0.2~0.4]	0.15 [<0.1~0.2]	3.2 [2.0~5.2]	0.45 [0.3~0.6]	5.31 [5.02~5.65]
8月こめ脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	2.1	6.85
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	1.63	—
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	1.42	—
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.77 [0.5~1.2]	0.32 [0.2~0.5]	4.97 [2.1~9.9]	1.15 [1.0~1.3]	6.61 [5.12~7.37]
4月コーン脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	0.8	3.66
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.38	3.51
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.4	3.46
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.15 [<0.1~0.4]	<0.1 [—]	1.45 [0.4~3.8]	0.35 [0.3~0.5]	3.66 [3.49~3.83]
8月コーン脱ガム油		<0.1	<0.1	<0.1	1.3	3.86
〃 (脱酸油) n=6	平均	—	—	—	0.65	—
〃 (脱色油) n=6	平均	—	—	—	0.58	—
〃 (脱臭油) n=6	平均	0.2 [0.1~0.3]	0.07 [<0.1~0.2]	1.00 [0.5~1.5]	0.57 [0.4~0.7]	4.05 [3.95~4.09]

※平均【最小~最大】

(4) 白土添加量及び種類の違いによる影響調査

パーム原油での試験と同様に、白土添加量及び白土の種類の違いによる3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成状況について確認した。精製操作は、工程より採取した脱酸油を用いて脱色（酸性の白土Aまたはアルカリ性の白土C、1%または2%）、脱臭(250℃60分)で行った。その他の条件は(1)と同様とした。

その結果を表9に示す。パーム原油試験（脱酸処理を行わずに白土添加）と異なり、酸性白土の添加量及びアルカリ性の白土Cによる塩素含量への影響は、ほとんどみられなかった。3-MCPDE、2-MCPDE生成量は、こめ油では酸性白土でアルカリ性白土に比して若干の生成抑制がみられた。また、GEについては、パーム原油試験と同様に生成量への白土による影響はなかった。これらの結果は、6社で共通していた。

表9) 白土添加量の違いによるGE等の含量

		3-MCPDE (mg/kg)	2-MCPDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	塩素 (ppm)	ジグリ (w/w%)
こめ脱酸油		0.2	<0.1	<0.1	0.7	7.98
白土A 1% n=6	平均	0.90	0.40	4.92	0.97	—
	範囲	0.8~1.1	—	3.5~5.9	0.7~1.2	—
白土A 2% n=6	平均	0.72	0.33	5.97	1.03	8.16
	範囲	0.7~0.8	0.3~0.4	5.0~6.5	0.9~1.2	8.03~8.35
白土C 2% n=6	平均	1.00	0.48	4.63	0.92	7.96
	範囲	0.8~1.2	0.4~0.6	2.5~5.9	0.8~1.0	7.81~8.21
コーン脱酸油		<0.1	<0.1	<0.1	0.8	3.72
白土A 1% n=6	平均	0.27	0.18	0.98	0.65	—
	範囲	0.2~0.4	<0.1~0.2	0.5~1.5	0.6~0.7	—
白土A 2% n=6	平均	0.30	0.17	0.95	0.60	4.09
	範囲	0.2~0.4	<0.1~0.2	0.5~1.4	0.4~0.9	4.04~4.17
白土C 2% n=6	平均	0.33	0.10	1.25	0.60	4.16
	範囲	0.3~0.4	—	0.6~2.2	0.4~0.9	4.09~4.20

※白土A：酸性（pH3.0）、白土B：中性（pH5.3）、白土C：アルカリ性（pH10.3）

(5) 脱臭温度と時間による影響調査

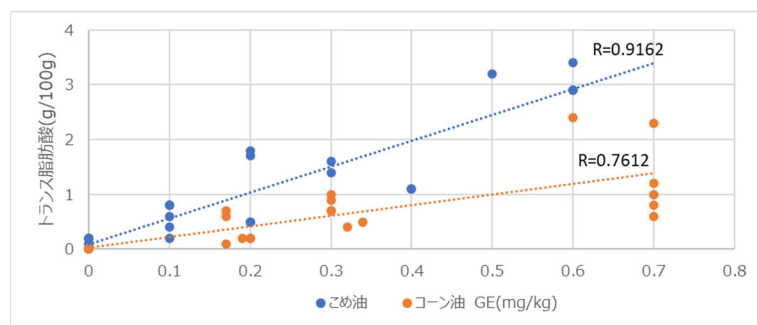
こめ油及びコーン油の脱色油について、工程より採取した脱色油を用いて、脱臭温度250℃、脱臭時間60分（以下、250℃60分）を対照とし、脱臭温度、時間の変更（230℃60分、210℃60分、250℃30分）による脱臭油の3-MCPDE、2-MCPDE、GE濃度、並びに品質管理に使用する酸価の項目と、油中の塩素含量やトランス脂肪酸についての相関等を確認した。

その結果を表10に示す。「脱臭温度を低くする、脱臭時間が短くする」ほど、3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成が抑制されることを確認した。特にGEは、その効果が顕著であった。また、脱臭条件での低温、短時間による抑制は、コーン油の方がこめ油に比べて効果が高かった。油中の塩素量については、こめ油、コーン油ともに顕著な差は認められなかった。品質管理指標としてのトランス酸とGE濃度では、こめ油、コーン油ともに相関がみられた。（図3）また、脱臭温度を低くするほど、時間を短くするほど酸価は高くなり、脱臭直後の風味は、対照区、試験区ともに5点法（日本油脂検査協会基準）では同等のほぼ5点の評価であり、食品として問題ないレベルではあるが、試験区は対照区と異なった風味（重くなる）を呈し、賞味期限が短くなることなどが危惧され、従来と同等の品質保持が難しいことを確認した。これらの結果は、6社で共通していた。

表 1 0) 脱臭の温度と時間のよるGE等の含量

		3-MCPDE (mg/kg)	2-MCPDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	塩素 (ppm)	酸価	風味	トランス脂肪酸
こめ脱色油		0.3	<0.1	<0.1	1.1	0.48	—	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.48	0.27	2.43	0.93	0.08	5.0	0.5
	範囲	0.4~0.6	0.2~0.3	1.1~3.4	0.8~1.1	0.02~0.20	—	0.4~0.6
脱臭 (230℃60分) (n=6)	平均値	0.40	0.18	0.50	1.03	0.13	5.0	0.10
	範囲	0.3~0.5	0.1~0.2	0.2~0.8	0.9~1.1	0.04~0.28	—	<0.1~0.1
脱臭 (210℃60分) (n=6)	平均値	0.38	0.17	0.15	1.02	0.24	5.0	<0.1
	範囲	0.3~0.4	0.1~0.2	<0.1~0.2	0.9~1.2	0.06~0.51	—	—
脱臭 (250℃30分) (n=6)	平均値	0.42	0.22	1.25	0.93	0.12	5.0	0.23
	範囲	0.3~0.5	0.2~0.3	0.5~1.8	0.8~1.1	0.02~0.29	—	0.2~0.3
コーン脱色油		<0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.08	—	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.35	0.18	1.38	0.75	0.10	4.7	0.68
	範囲	0.2~0.7	<0.1~0.4	0.6~2.4	0.7~0.9	0.04~0.16	4~5	0.6~0.7
脱臭 (230℃60分) (n=6)	平均値	0.13	<0.1	0.33	0.68	0.07	5.0	0.18
	範囲	<0.1~0.2	—	0.1~0.7	0.6~0.8	0.04~0.11	—	0.17~0.2
脱臭 (210℃60分) (n=6)	平均値	0.09	<0.1	<0.1	0.62	0.07	5.0	<0.1
	範囲	<0.1~0.1	—	—	0.6~0.7	0.05~0.08	—	—
脱臭 (250℃30分) (n=6)	平均値	0.16	0.09	0.70	0.63	0.12	5.0	0.31
	範囲	<0.1~0.2	<0.1~0.1	0.1~1.0	0.6~0.7	0.07~0.17	—	0.3~0.34

図 3) こめ油、コーン油のトランス脂肪酸とGEの相関



(6) 再脱色後に再脱臭による影響調査

対照区の脱臭条件を250℃60分とし、脱臭 (250℃60分) 後の再脱色、再脱臭 (210℃30分) における3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成状況等を調査した。

その結果を表 1 1 に示す。最初の脱臭で生じたGEは、こめ油、コーン油ともに再脱色により低減し、その後の低温脱臭により生成が抑制されることが確認されたが、こめ油では、3-MCPDE、2-MCPDEの再脱色、再脱臭による低減や生成抑制はみられなかったが、コーン油は、3-MCPDEの若干の抑制がみられた。このことより最初の脱臭で生成された3-MCPDE、2-MCPDEは、再脱色では、ほとんど除去できないことが推定された。

塩素含量、酸価、トランス脂肪酸は、再脱色・再脱臭による差異は認められなかった。これらの結果は、6 社で共通していた。

表 1 1) 再脱色、脱臭による影響

		3-MCPDE (mg/kg)	2-MCPDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	塩素 (ppm)	酸価	風味	トランス脂肪酸
こめ脱色油		0.3	<0.1	<0.1	1.1	0.48	—	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.48	0.27	2.43	0.93	0.08	5.0	0.52
	範囲	0.4~0.6	0.2~0.3	1.1~3.4	0.8~1.1	0.02~0.20	—	0.4~0.6
脱臭(250℃60分) 後、 再脱色(脱色油)(n=6)	平均値	0.50	0.23	<0.1	0.95	0.08	—	—
	範囲	0.4~0.6	0.2~0.3	—	0.7~1.3	0.03~0.17	—	—
脱臭(250℃60分) 後、 再脱色、210℃で再脱臭 (n=6)	平均値	0.50	0.23	0.13	0.88	0.06	5.0	0.52
	範囲	0.4~0.6	0.2~0.3	<0.1~0.2	0.7~1.0	0.02~0.16	—	0.4~0.6
コーン脱色油		<0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.08	—	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.35	0.18	1.38	0.75	0.10	4.7	0.68
	範囲	0.2~0.7	<0.1~0.4	0.6~2.4	0.7~0.9	0.04~0.16	4~5	0.6~0.7
脱臭(250℃60分) 後、 再脱色(脱色油)(n=6)	平均値	0.28	0.16	<0.1	0.72	0.11	—	—
	範囲	<0.1~0.6	<0.1~0.3	—	0.6~0.9	0.06~0.13	—	—
脱臭(250℃60分) 後、 再脱色、210℃で再脱臭 (n=6)	平均値	0.26	0.20	0.09	0.67	0.11	5.0	0.65
	範囲	<0.1~0.6	<0.1~0.4	<0.1~0.1	0.6~0.8	0.06~0.13	—	<0.1~0.6

(7) 脱臭と再脱臭の脱臭温度による影響調査

(6) で得られた250℃脱臭でMCPDEやGEが生成された試料を再脱色、再脱臭することによりGEは減少できたが、MCPDEは減少できなかった知見(課題)を基に、脱臭250℃60分を対照として ①脱臭230℃60分⇒再脱色⇒再脱臭210℃30分、②脱臭210℃60分⇒再脱色⇒再脱臭230℃30分の試験区で3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成状況等を確認した。

その結果を表12) に示す。こめ油、コーン油ともに、GEについては、これまでの知見と同様に再脱色、再脱臭により生成を低濃度に抑制できること、また①と②の条件の比較により、再脱臭時の温度が低いほど生成を抑制できること、一回目の脱臭を低温にすることにより3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成を抑えることで再脱色、再脱臭後にこれらの物質が対照区よりも低濃度の油脂を得られることを確認した。また、こめ油よりもコーン油のほうが、対照区と比較して試験区におけるこれら物質の低減効果が大きかった。しかし、(6)での知見と同様に脱臭直後の風味は、対照区、試験区ともに5点法では同等の5点の評価であり、食品として問題ないレベルではあるが、試験区でも対照区と異なった風味(重くなる)を呈したため、賞味期限が短くなることなどが危惧され、風味を含め更に脱臭条件等の検討が必要と考えられる。

表 1 2) 脱臭と再脱色、再脱臭の脱臭温度による影響

		3-MCPDE mg/kg	2-MCPDE mg/kg	GE mg/kg	塩素 ppm	酸価	風味
こめ脱色油		0.4	<0.1	<0.1	1.2	0.51	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	AVE(n=6)	0.45	0.27	1.88	1.15	0.05	5.0
	RGE	0.4~0.5	0.2~0.4	1.1~2.9	1~1.4	0.02~0.12	—
脱臭 (230℃60分) ↓	AVE(n=6)	0.40	0.25	0.50	1.12	0.14	5.0
	RGE	0.3~0.5	0.2~0.3	0.3~0.8	1~1.3	0.07~0.29	—
再脱色 (白土1%) ↓	AVE(n=6)	0.42	0.22	<0.1	1.22	0.15	—
	RGE	0.3~0.5	0.1~0.3	—	1.1~1.3	0.08~0.32	—
再脱臭 (210℃30分) ↓	AVE(n=6)	0.48	0.20	0.18	1.37	0.11	5.0
	RGE	0.4~0.5	0.1~0.3	0.1~0.3	1.2~1.5	0.04~0.24	—
脱臭 (210℃60分) ↓	AVE(n=6)	0.48	0.15	0.10	1.25	0.27	5.0
	RGE	0.4~0.5	0.1~0.2	0.1~0.1	1~1.5	0.17~0.4	—
再脱色 (白土1%) ↓	AVE(n=6)	0.43	0.15	<0.1	1.22	0.29	—
	RGE	0.4~0.5	0.1~0.2	—	1.1~1.3	0.17~0.46	—
再脱臭 (230℃30分) ↓	AVE(n=6)	0.38	0.13	0.47	1.08	0.15	5.0
	RGE	0.3~0.4	0.1~0.2	0.4~0.6	0.9~1.2	0.05~0.25	—
コーン脱色油		<0.1	<0.1	<0.1	1.2	0.07	—
脱臭 (250℃60分)	AVE(n=6)	0.50	0.28	2.13	1.13	0.08	5.0
	RGE	0.2~1	0.1~0.5	0.7~5.2	1.1~1.2	0.04~0.14	—
脱臭 (230℃60分) ↓	AVE(n=6)	0.23	0.10	0.30	1.23	0.07	5.0
	RGE	0.1~0.4	0.1~0.1	0.2~0.5	0.9~1.5	0.02~0.13	—
再脱色 (白土1%) ↓	AVE(n=6)	0.18	0.15	<0.1	1.17	0.10	—
	RGE	0.1~0.4	0.1~0.2	—	1~1.3	0.05~0.17	—
再脱臭 (210℃30分) ↓	AVE(n=6)	0.28	0.10	0.10	1.22	0.09	5.0
	RGE	0.1~0.4	0.1~0.1	0.1~0.1	1.1~1.3	0.05~0.15	—
脱臭 (210℃60分) ↓	AVE(n=6)	0.18	<0.1	0.20	1.43	0.07	5.0
	RGE	0.1~0.3	—	0.2~0.2	1.3~2	0.04~0.11	—
再脱色 (白土1%) ↓	AVE(n=6)	0.10	<0.1	<0.1	1.25	0.10	—
	RGE	0.1~0.1	—	—	1~1.7	0.06~0.14	—
再脱臭 (230℃30分) ↓	AVE(n=6)	0.20	<0.1	0.28	1.10	0.09	5.0
	RGE	0.1~0.3	—	0.1~0.5	1~1.2	0.05~0.16	—

(8) 脱臭時でのKOH添加の影響調査

新たな3-MCPDE、GE低減対策として脱臭時におけるKOHの添加による3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成状況等を確認した。その結果を表13に示す。こめ油、コーン油ともにKOH添加による3-MCPDE、2-MCPDE、GEの低減は認められず、GEは著しく増加した。酸価、トランス脂肪酸については、対照区との差異はなかったが、塩素含量は、若干の低下がみられた。

表 1 3) 脱臭時でのKOH添加の影響

		3-MCPDE (mg/kg)	2-MCPDE (mg/kg)	GE (mg/kg)	塩素 (ppm)	酸価	風味	トランス脂肪酸
こめ脱色油		0.3	<0.1	<0.1	1.1	0.48	—	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.48	0.27	2.43	0.93	0.08	5.0	0.52
	範囲	0.4~0.6	0.2~0.3	1.1~3.4	0.8~1.1	0.02~0.20	—	0.4~0.6
KOH添加して 脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.67	0.50	5.30	0.77	0.06	5.0	0.43
	範囲	0.2~1.0	<0.1~0.6	3.4~7.0	0.4~1.0	0.02~0.10	—	0.2~0.5
コーン脱色油		<0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.08	—	—
脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.35	0.23	1.38	0.75	0.10	4.7	0.68
	範囲	0.2~0.7	<0.1~0.4	0.6~2.4	0.7~0.9	0.04~0.16	4~5	0.6~0.7
KOH添加して 脱臭 (250℃60分) (n=6)	平均値	0.38	0.20	4.00	0.58	0.05	5.0	0.65
	範囲	0.3~0.6	<0.1~0.3	1.0~8.4	0.5~0.7	0.04~0.07	—	0.6~0.7

(エ) 研究成果の活用における留意点

パーム油と同様にこめ油及びコーン油においても、白土処理によって生成したGEを低減することは可能であるが、その後の脱臭工程で高温での処理により再び生成される。一回目の脱臭を低温にすることにより3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成を抑えることで再脱色、再脱臭後にこれらの物質が低濃度の油脂を得られることを確認したが、3-MCPDE、2-MCPDE、GEの生成抑制のために低温での再脱臭を行った油脂は、対照区とした250℃の高温処理と異なった風味（重くなる）を呈する。食用としての風味としては問題ないレベルであるが、製造条件としての風味としては更に検討が必要なレベルであると考ええる。

(オ) 研究目標の達成に当たっての問題点

こめ油、コーン油での3-MCPDE・GE低減に向けた製造技術において、脱臭温度を低くするほど、時間を短くするほど酸価は高くなり、風味は、食品として問題ないレベルではあるが、対照区とは異なった風味（重くなる）を呈し、賞味期限が短くなることなどが危惧され、従来と同等の品質保持が難しい。

<引用文献>

特開 2021-17452 精製油脂の製造方法（補正）

特開 2021-120465 精製油脂の製造方法（補正）

4 研究成果の発表

別添のとおり。

5 研究期間中に生じた問題、今後の課題等

研究に供した RBD パーム油、RBD パームオレイン、パーム原油、こめ油、コーン油での 3-MCPDE・GE 低減に向けた製造技術開発の目標は達成できた。これら得られた知見は油種毎に適応できる技術が若干異なるため、実機レベルへの展開をするためには得られた知見以外の条件を含めた詳細な条件設定の検討が必要と考えられる。