

資料

菓子類等大麻含有食品からのTHC抽出精製法の確立

菅田 和子, 伊達 英代

Establishment of Extraction Methods for THC from Cannabis Edible Products, including Confectionery Products

SUGETA Wako and DATE Hideyo

(Received: September 18, 2025)

複雑なマトリックスを有する菓子類等大麻含有食品からTetrahydrocannabinol (THC) を抽出・精製する方法として、油脂分を多く含む食品にはヘキサン及びアセトニトリルを用いた液液抽出法を、糖分を多く含む食品にはC18固相抽出カラムを用いた抽出精製法をそれぞれ確立した。さらに、大麻含有疑い食品中のTHCについて、高速液体クロマトグラフ-トリプル四重極質量分析計 (LC-MS/MS) 及び高速液体クロマトグラフ-飛行時間型質量分析計 (LC-QTOF/MS) による定性分析、ガスクロマトグラフ-水素炎イオン化検出器 (GC/FID) 及び高速液体クロマトグラフ (HPLC) による定量分析を実施した。

Key words : 大麻含有食品, THC, HPLC, GC/FID, LC-MS/MS, LC-QTOF/MS

結 言

令和6年版犯罪白書[1]によると、大麻取締法違反による検挙人員は、平成26年から8年連続で増加し、平成29年から令和3年までは昭和46年以降における最多を記録し続けた。また、令和5年も検挙人員は6,703人で過去最多であった。近年の大麻使用者の増加には、違法栽培による入手機会の拡大や、海外における嗜好用大麻の合法化などを背景とした大麻使用に対する意識の変化など、複数の要因が関与していると考えられる[2]。また、大麻の摂取形態も多様化しており、従来の乾燥大麻による喫煙に加え、THCを高濃度に含有する大麻リキッドの電子パイプによる喫煙や、クッキーやチョコレート、キャンディ等の経口摂取が可能な菓子類等大麻含有食品の流通も増加傾向にある。こうした状況の中で、THCが含有された大麻含有食品であることを認識せずに喫食し、健康被害を引き起こした事例が報告されている。大麻摂取の自覚がなく、意図せず健康被害が生じた場合には、食中毒扱いとして地方衛生研究所に検体が搬入される可能性がある。

THCの抽出に関しては、大麻草及び大麻リキッドにおいては、エタノール等の有機溶媒を用いることで比

較的容易に実施可能である。しかし、食品は脂肪やたんぱく質、色素等様々な成分からなる複雑なマトリクスで構成されているため、THCの抽出は容易ではない。加えて、これらの夾雑成分がTHCと共に抽出されることにより、THCの正確な定性・定量も困難となる。さらに、食品毎に夾雑成分の組成が大きく異なることも抽出法の確立を困難としている一因と考えられる。

そこで、本研究では菓子類等大麻含有食品中のTHCの分析を行うために、効果的なTHCの抽出精製方法について検討を行った。

さらに、確立した抽出精製法を用いて、大麻含有疑い食品中のTHCについて、LC-MS/MS及びLC-QTOF/MSを用いた定性分析、GC/FID及びHPLCを用いた定量分析を行ったので、それらの結果について報告する。

方 法

1 試料

厚生労働省近畿厚生局麻薬取締部経由で厚生労働省に研究用大麻の交付申請を行い、大麻含有疑い食品計3製品(製品No.1-3)を入手し、試料とした(表1)。製品No.1はチョコレート、製品No.2はクッキー、製品

No.3はキャンディであった。

表1 大麻含有疑い食品概要

製品No.	1	2	3
形態	チョコレート	クッキー	キャンディ
			
成分表示	SEMISWEET CHOCOLATE (SUGAR, UNSWEETENED CHOCOLATE, COCOA BUTTER, POTASSIUM CARBONATE, SUNFLOWER, LECITHIN, VANILLA), CANNABIS EXTRACT, NATURAL FLAVORS	記載なし	CBD
THC含有量	180 mg/個	記載なし	記載なし

2 試薬

(1) 標準品

Cannabinol (CBN) (1.0 mg/mL) は、Cerilliant社製認証標準物質 (CRM) を使用した。

(2) 乾燥大麻

厚生労働省中国四国厚生局麻薬取締部経由で厚生労働省に研究用大麻の交付申請を行い、入手した。

(3) その他試薬

HPLCの移動相には、関東化学株式会社製HPLC用アセトニトリル、蒸留水及びリン酸を、LC-MS/MS及びLC-QTOF/MSの移動相には、関東化学株式会社製LC-MS用アセトニトリル及び蒸留水、富士フィルム和光純薬株式会社製LC-MS用ギ酸を使用した。

抽出溶媒には、関東化学株式会社製HPLC用メタノール、アセトニトリル及び蒸留水、富士フィルム和光純薬株式会社製特級ヘキサン及び酢酸エチルを使用した。

乾燥大麻抽出液の内部標準物質には、シグマアルドリッチ製トリベンジルアミンを使用した。

(4) 器材

C18固相抽出カラムには、アジレント・テクノロジー株式会社製Bond Elut C18 (500 mg) を使用した。

ろ過にはADVANTEC社製0.20 µm 孔径ディスクポザブルメンブレンフィルターユニット及び島津ジーエルシー社製0.45 µm孔径シリンジフィルターを使用した。

3 装置及び条件

(1) GC/FIDによる確認

装置は、アジレント・テクノロジー株式会社製6890GCを用い、分析条件を表2に示した。

表2 GC/FID分析条件

GC/FID system	Agilent 6890GC
Column	DB-5MS 30 m×0.25 mm×0.25 mm
Carrier	He 1.2 mL/min, constant flow
Injector	Split / Splitless, 250 °C
Split ratio	20 : 1
Injection volume	1 µL
Oven	200 °C (2 min) - 10 °C/min - 240 °C (15 min)
Detector	FID 300 °C, H ₂ 32 mL/min, Air 200 mL/min He 24 mL/min

(2) HPLCによる確認

装置は、アジレント・テクノロジー株式会社製HP1200を用い、分析条件を表3に示した。

表3 HPLC分析条件

HPLC system	Agilent HP1200
Column	YMC Triart C18 150 mm×2.0 mm, 5 µm
Column temperature	35 °C
Injection volume	10 µL
Flow rate	0.5 mL/min
Mobile phase A	Water containing 0.1% phosphoric acid
Mobile phase B	Acetonitrile containing 0.1% phosphoric acid
Gradient	A (21 %) → 30 min → A (5%)
Wavelength	210 nm

(3) LC-MS/MSによる確認

装置は、アジレント・テクノロジー株式会社製1290 Infinity II (LC) 及び6740 Triple Quad LC/MS (MS/MS) を用い、分析条件を表4に示した。

(4) LC-QTOF/MSによる確認

装置は、アジレント・テクノロジー株式会社製1260 Infinity (LC) 及び6540 UHD (QTOF/MS) を用い、分析条件を表5に示した。

表4 LC-MS/MS分析条件

LC system	Agilent 1290 Infinity II		
Column	COSMOSIL COSMOCORE 2.6C18, 2.1×50 mm		
Temperature	40 °C		
Injection volume	2 µL		
Flow rate	0.4 mL/min		
Mobile phase A	Water containing 0.1 % formic acid		
Mobile phase B	Acetonitrile containing 0.1 % formic acid		
Gradient	A (50 %) → 6 min → A (5 %) 4 min		
MS/MS system	Agilent 6740 Triple Quad LC/MS		
MS conditions			
Ionization mode	ESI	Gas temperature	300 °C
Gas flow	10 L/min	Nebulizer gas	50 psi
Capillary voltage	4000 V	Fragmentor voltage	130 V
Scan mass range	<i>m/z</i> 50-1000		
MRM conditions			
Precursor ion	<i>m/z</i> 315.2318		
Product ion	<i>m/z</i> 193.1 (CE 25 eV), <i>m/z</i> 123 (CE 37 eV)		
Product Ion Scan conditions			
Collision energy	10, 20, 40 eV		

表5 LC-QTOF/MS分析条件

LC system	Agilent 1260 Infinity		
Column	COSMOSIL COSMOCORE 2.6C18, 2.1×50 mm		
Temperature	40 °C		
Injection volume	5 µL		
Flow rate	0.4 mL/min		
Mobile phase A	Water containing 0.1 % formic acid		
Mobile phase B	Acetonitrile containing 0.1 % formic acid		
Gradient	A (50 %) → 6 min → A (5 %) 4 min		
QTOF/MS system	Agilent 6540 UHD		
MS conditions			
Ionization mode	ESI	Gas temperature	350 °C
Gas flow	10 L/min	Nebulizer gas	50 psi
Capillary voltage	3500 V	Fragmentor	120 V
Scan mass range	<i>m/z</i> 50-1000	Reference mass	<i>m/z</i> 121.050873 <i>m/z</i> 922.009798
Targeted MS/MS conditions			
Collision energy	10, 20, 40 eV		
Precursor ion	<i>m/z</i> 315.2318 (THC)		

4 標準溶液の調製

(1) CBN標準溶液

CBN標準溶液は、国連薬物犯罪事務所の方法 (GC/FID法) [3]に基づき、3.3 - 53.3 µg/mLの範囲で調製した。

(2) 添加回収試験用乾燥大麻抽出液、定量用及び確認用THC標準溶液

THC標準溶液の入手が困難であったため、GC/FID法を用いてTHC濃度を定量した乾燥大麻抽出液を、添

加回収試験用乾燥大麻抽出液、定量用及び確認用THC標準溶液として使用した。

乾燥大麻抽出液の調製方法を以下に示した。乾燥大麻約1.5 gを秤量し、内部標準物質として0.5 mg/mLトリベンジルアミンを含有するエタノール溶液20 mLを正確に加えた。これを15分間超音波処理後、メンブレンフィルターでろ過した。得られたろ液500 µLを採取し、THCカルボン酸体を脱炭酸させてTHCに変換するため、150 °Cで加熱して乾固させた。得られた残渣にエタノール1.5 mLを加えて溶解したものを乾燥大麻抽出液とした。

CBNの標準溶液を用いて乾燥大麻抽出液中のTHCの濃度を定量後、適宜エタノールで希釈し、0.86-8.6 µg/mLの範囲の定量用THC標準溶液及び100 ng/mLの確認用標準溶液を調製した。

5 試料溶液の調製

(1) チョコレート及びクッキーからの抽出

チョコレートは粉碎しやすくするため凍結後に、クッキーは常温のままそれぞれ粉碎し、試料とした。得られた各試料約1 gを遠沈管に秤量し、アセトニトリル飽和ヘキサン10 mLを加えて15分間振とう後、遠心分離した。上層のヘキサン層を分取し、残渣に再度アセトニトリル飽和ヘキサン10 mLを加え、同様の操作を行い、全ヘキサン層を合わせた。これに、ヘキサン飽和アセトニトリル20 mLを加えて15分間振とう抽出を行い、アセトニトリル層を分取した。同様の抽出操作をさらに2回繰り返し、得られた全アセトニトリル層を合わせた。これにアセトニトリル飽和ヘキサン10 mLを加えて振とう後、アセトニトリル層を分取した。アセトニトリルを減圧留去し、10 mLに定容したものを試料溶液とした。

(2) キャンディからの抽出

キャンディを粉碎後、約1 g秤量し、水10 mLで溶解した。この液を、あらかじめメタノール10 mL及び水10 mLでコンディショニングしたC18固相抽出カラムに全量負荷した。続いて、水20 mLで洗浄を行い、酢酸エチル10 mLで溶出した。得られた溶出液を減圧留去し、アセトニトリルで10 mLに定容したものを試料溶液とした。

6 THC添加回収試験

THCの添加回収試験には、市販のブラックチョコレート、ミルクチョコレート、ホワイトチョコレート、クッキー及びキャンディの計5試料を用いた。各試料

に対し、乾燥大麻抽出液をTHCの添加濃度が100 µg/gとなるように添加した後、「方法 5 試料溶液の調整」に記載した抽出操作を実施し、添加回収試験用試料溶液を作製した (n = 3)。

分析はGC/FID分析条件 (表2) 及びHPLC分析条件 (表3) の2法を用いた。

結果及び考察

1 抽出精製方法の検討結果

(1) チョコレート及びクッキー

油脂分を多く含むと考えられるチョコレート及びクッキー等の試料については、既報[4]をもとに、ヘキサン-アセトニトリルによる液液分配による抽出法を採用した。食品に含まれる油脂成分は抽出効率に大きく影響するため、非極性溶媒であるヘキサンと極性溶媒であるアセトニトリルの液液分配を行うことで、油脂分はヘキサン層に移行し、夾雑物の影響を抑えることができた。また、チョコレートに関しては、事前に凍結してから粉砕を行うことで、摩擦熱による試料の凝集を防ぐことができた。

(2) キャンディ

糖類を多く含むと考えられるキャンディについては、C18固相抽出カラムを用いてTHCを吸着させ、水で糖を洗い流した後、溶媒によりTHCを溶出させた。溶出溶媒として、酢酸エチル、メタノール、アセトニトリル及びエタノールの4種類を比較検討した結果、酢酸エチルを除く3溶媒では回収率が約80%にとどまったが、酢酸エチルによる溶出では約93%と最も高い回収率が得られたため、酢酸エチルで溶出する抽出法を採用した。

THCは、C18固相抽出カラムと疎水性相互作用により強く保持されるため、メタノール、アセトニトリル及びエタノール等の高極性溶媒では十分に溶出されない一方、中程度の極性を有しつつ疎水性も兼ね備えている酢酸エチルは、THCとの親和性が相対的に高くなり、溶出率の向上に寄与したと考えられる。

2 THCの添加回収試験結果

市販のブラックチョコレート、ミルクチョコレート、ホワイトチョコレート、クッキー及びキャンディにおけるTHCの回収率を表6に示した。GC/FIDでは88%以上、HPLCでは86%以上と、いずれの方法に

おいても良好な結果が得られた[5]。これらの結果から、チョコレート及びクッキーに対しては、ヘキサン-アセトニトリルによる液液抽出を3回実施する方法、キャンディに対してはC18固相抽出カラムを用いて酢酸エチルで抽出する方法により、油脂分や糖分などの夾雑物を除去し、THCを効率的に抽出できた。これにより、様々な形状の食品における抽出精製法を確立できた。

表6 5種類の食品におけるTHC添加回収試験結果 (n=3)

試料	ブラック チョコレート	ミルク チョコレート	ホワイト チョコレート	クッキー	キャンディ
GC/FID	96 %	88 %	93 %	88 %	93 %
HPLC	92 %	87 %	90 %	86 %	92 %

3 大麻含有疑い食品中におけるTHCの分析

(1) LC-MS/MS及びLC-QTOF/MSによるTHCの確認

大麻含有疑い食品を「方法 5 試料溶液の調製」に記載した方法で抽出した試料溶液について、LC-MS/MS及びLC-QTOF/MSを用いて試料中のTHCを確認した。LC-MS/MS MRMモードのTICにおける保持時間は確認用THC標準溶液と製品No.1 (チョコレート) 及び製品No.2 (クッキー) で一致した (図1- (A))。またProduct Ion Scanモードにおける各CEのプロダクトイオンスペクトルも概ね一致する結果が得られた (図1- (B), (C), (D))。さらに、LC-QTOF/MS MSモードのEIC (m/z 315.23186) においても、確認用THC標準溶液とチョコレート及びクッキーの保持時間が一致した (図2- (A))。加えて、Targeted MS/MSモードでの各CEにおけるプロダクトイオンスペクトルも概ね一致した (図2- (B), (C), (D))。以上の結果より、製品No.1及び製品No.2にはTHCが含有されていることが確認された。

なお、製品No.3 (キャンディ) についても、LC-MS/MS及びLC-QTOF/MSにより定性分析を実施したが、THCは検出されなかった。当該製品は、大麻の表記及びシンボルマークが付されていたことから、税関において任意放棄された物品であった。税関の通関手続きにおいては、任意放棄された物品であっても必ずしも鑑定が行われるわけではなく、本製品も鑑定を経ずに大麻製品として取り扱われた可能性が高いと考えられる。

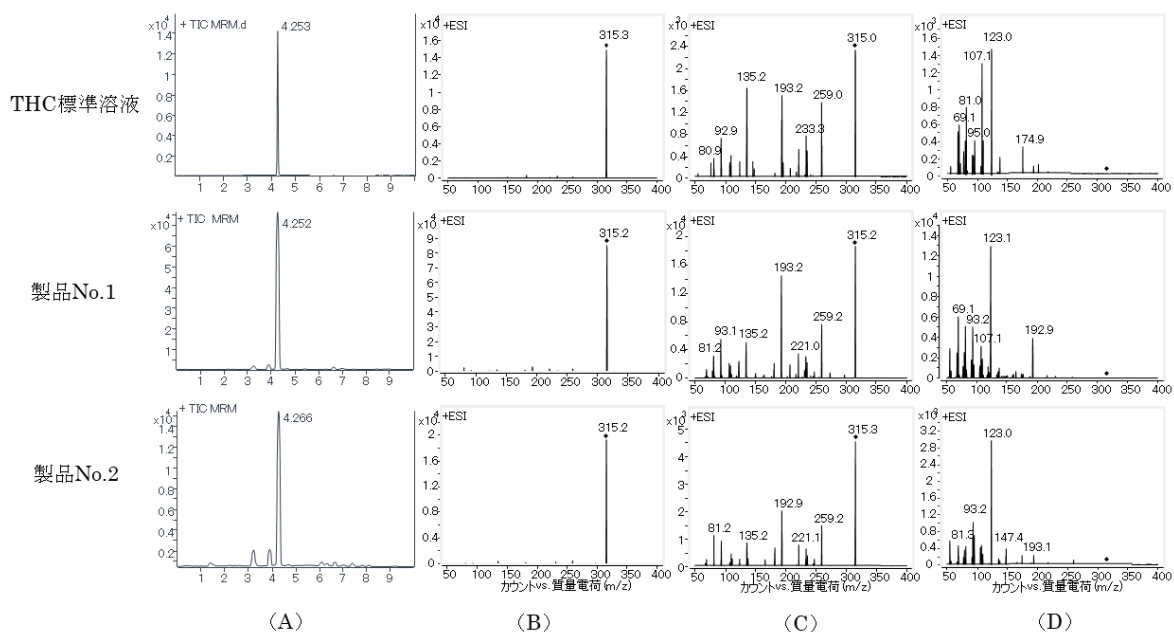


図1 THCのプロトン付加イオン ($[M+H]^+$) m/z 315.2におけるLC-MS/MS MRMモードによるTIC (A) , Product Ion Scanモードによるプロダクトイオンスペクトル CE10 eV(B), 20 eV(C), 40 eV(D)

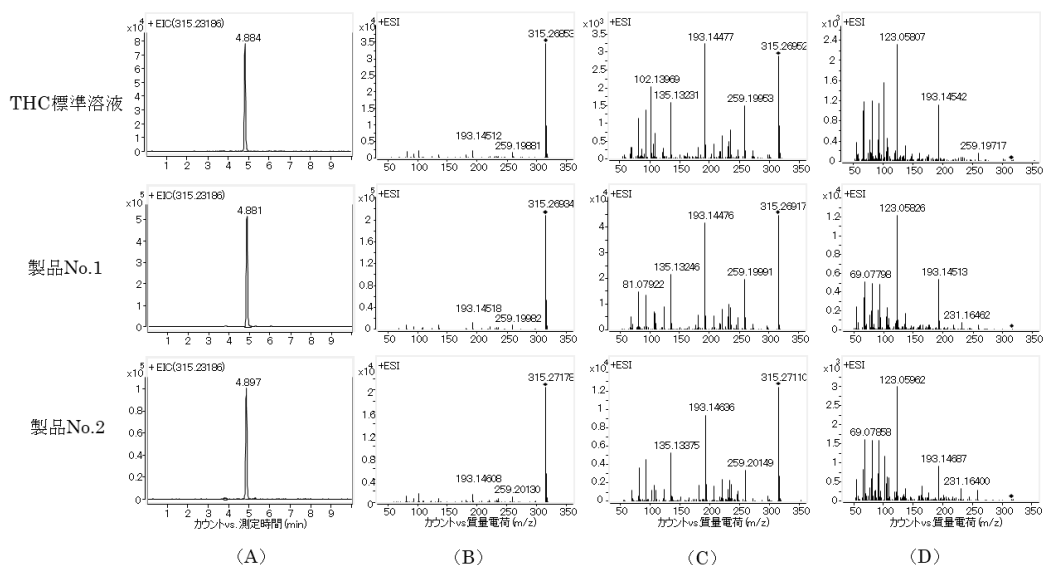


図2 THCのプロトン付加イオン ($[M+H]^+$) m/z 315.23186におけるLC-QTOF/MS MSモードによるTIC (A) , Targeted MS/MSモードによるプロダクトイオンスペクトル CE10 eV(B), 20 eV(C), 40 eV(D)

(2) 大麻含有疑い食品中のTHCの定量

大麻含有疑い食品をGC/FID及びHPLCで定量分析し、全量喫食した場合の推定摂取量を算出した結果を表7に示した。GC/FIDの分析ではチョコレートは149.5 mg、クッキーは16.0 mg、HPLCの分析ではチョコレートは154.0 mg、クッキーは17.4 mgの定量値が得られた。カナダ政府は2018年に嗜好用大麻の所持

及び使用を合法化した。大麻製品に関する規制措置として、経口摂取用の大麻抽出物については1回分当たりTHC含有量を10 mg以下、1包装当たりを1000 mg以下と定めている[6]。クッキーについては、1枚を分割して摂取するとは考えにくい。1回分として評価した場合、カナダの規制値を上回っていることとなる。一方、チョコレートについては1包装のため、規制

値を下回っていた。加えて、チョコレートは板状で36等分の溝が刻まれているため、1片を1回分とみなした場合のTHC量は約4 mgと推定され、1回分の規制値を下回る結果であった。ただし、大麻含有食品であることの認識がない場合、3片以上の摂取により規制値を上回る可能性がある。THCの作用発現は摂取方法によって異なり、喫煙では3分以内に心拍数の増加、10分以内に多幸感などの作用が現れるのに対し、経口摂取では通常30分から1時間程度かけて緩やかに作用が始まり、より長時間持続すると報告されている[7]。したがって、大麻含有食品中のTHC量が低い場合であっても、効果を感じないまま複数回摂取する可能性があり、本研究で対象とした大麻含有疑似食品においても、過量摂取による健康被害が生じるリスクは十分に考えられた。

表7 大麻含有疑似食品中のTHC定量結果及び推定摂取量

試料	全量 g	THC含有量 mg/g (推定全量摂取量 mg)	
		GC/FID	HPLC
チョコレート	45.7 (1包装)	3.27 (149.5)	3.36 (154.0)
クッキー	14.3 (1枚)	1.12 (16.0)	1.22 (17.4)

結 語

本研究では、菓子類等大麻含有食品からのTHC抽出精製法について検討し、チョコレートやクッキーについては、ヘキサン及びアセトニトリルによる液液抽出法、キャンディについてはC18固相抽出カラムと酢酸エチルを用いる方法を適用することで、夾雑物の影響を抑えつつ高回収率での抽出が可能であった。

また、LC-MS/MS及びLC-QTOF/MSによる定性分析、GC/FID及びHPLCによる定量分析により、大麻含有食品中にTHCを確認し、いずれもカナダの制度[6]で定められた限度値を超える濃度で含有していることが明らかとなった。これらの結果は、大麻含有食品による経口摂取のリスク、特に意図しない過量摂取による健康被害の可能性を示唆するものであった。

ただし、本研究で構築した抽出精製操作は、複数回の分配など操作工程が多く、使用する溶媒量も多いため、迅速性及び簡便性の観点からは課題が残る。したがって、今後は操作の簡略化や溶媒使用量の削減といったさらなる手法の改良についても検討する必要がある。

謝 辞

乾燥大麻及び大麻含有食品の入手に大変ご尽力くださいました厚生労働省九州厚生局沖縄麻薬取締支所 富岡 康博鑑定官に深く感謝申し上げます。

文 献

- [1] 法務総合研究所. “各種犯罪の動向と各種犯罪者の処遇 薬物犯罪”. 令和6年版 犯罪白書—女性犯罪者の事態と処遇—. 2025, 第4編/第2章/第1節/2.
- [2] 嶋根卓也. 薬物乱用・依存状況の実態把握と薬物依存症者の社会復帰に向けた支援に関する研究. 令和元年度厚生労働行政推進調査事業費補助金 総括・分担研究報告書. 2019, 3-5.
- [3] United Nations Office on Drugs and Crime. ”Recommended methods for the identification and analysis of cannabis and cannabis products (Revised and updated)”. ST/NAR/40/REV.1, https://www.unodc.org/documents/scientific/Recommended_methods_for_the_Identification_and_Analysis_of_Cannabis_and_Cannabis_products.pdf, cited 2025-9-2
- [4] 菅田和子, 伊達英代, 他. CBD関連製品の分析法の検討及び買い上げ検査の結果. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告. 2020, 28, 13-23.
- [5] 厚生労働省健康・生活衛生局食品基準審査課長, 厚生労働省健康・生活衛生局食品監視安全課長. 「食品中の食品添加物分析法の妥当性確認ガイドライン」の作成及び「第2版 食品中の食品添加物分析法」の改正について 別添1 食品中の食品添加物分析法の妥当性確認ガイドライン. 健生食基発0308第1号, 健生食監発0308第1号. 令和6年3月8日.
- [6] Government of Canada. “Reduce your risk: Choose legal cannabis”. modified 2023-02-06 <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-medication/cannabis/personal-use/reduce-risk-choose-legal.html#a4>, cited 2025-09-05.
- [7] 三島健一. 大麻成分の中樞効果：有用性と危険性. 薬学雑誌. 2020, 140, 193-204.