

短報

イチゴ栽培ハウス内の異臭がイチゴの食味に及ぼす影響

皆巳大輔*・西本登志・安川人央**・東井君枝・矢奥泰章・清水浩美***・高村仁知****

Effects of Unpleasant Odors in Cultivation Fields on Strawberry Fruit Flavor

Daisuke MINAMI, Toshi NISHIMOTO, Hitoshi YASUKAWA, Kimie TOUI, Yasuaki YAOKU,
Hiromi SHIMIZU and Hitoshi TAKAMURA

Key Words: flavor, strawberry, nonane, 2-methylisoborneol, geosmin, alga, sensory evaluation

食味は、味覚物質により生じる味覚だけでなく、嗅覚やその他の感覚が統合された知覚であり、特に嗅覚は食味に大きな影響を及ぼし、食品の異臭が時として著しい食味低下の原因となることが知られている⁸⁾。

異臭による食品の食味低下は、食品に異臭の原因物質が直接混入することと、食品の保管時に空気中の揮発性物質が食品に移行する「移り香」により引き起こされる。2008年には、即席麺から異臭を感じるといふ苦情を発端として調査が行われた結果、防虫剤の近くで保存されていた即席麺から防虫剤の成分の一部であるパラジクロロベンゼンが検出され、食品への「移り香」の存在が広く知られるようになった⁹⁾。

一方、奈良県農業研究開発センター（以下、奈良農研セ）では、加温機から灯油が漏れているハウスでイチゴを栽培し、食味が悪いイチゴが収穫されたことがある。また、灯油が漏れていないイチゴの高設栽培ハウスでも同様に食味が悪いと感じられる事例があった。そこで、ハウス内の異臭とイチゴの食味低下について、その関連を明確にするために調査を行った。

材料および方法

実験1 灯油の臭いがイチゴの食味に及ぼす影響

促成栽培作型でイチゴの‘古都華’を栽培する2棟の高設栽培施設（間口6.5m、奥行き20m）を供試した。2013年2月3日に1棟のハウス（以下、灯油処理ハウス）内の高設栽培ベンチ下2カ所にそれぞれ

2Lの灯油を入れたコンテナ（縦34cm×横54cm×深さ14cm）を設置した。設置場所からハウス妻面の入り口までの距離はそれぞれ約6m、約13mとした。もう1棟のハウスを無処理ハウスとした。ハウス内の温度管理は、25℃設定の換気扇と8℃設定の加温機を用いて行い、場所による気温のばらつきを少なくするための循環扇を、施設の妻面近くの地上高約2mに設置し、常時稼働させた。

1) 官能評価

官能評価を2月13日と2月15日にそれぞれ当日収穫した果実について行った。評価者は、2月13日は8人、2月15日は7人であった。評価項目は「甘み」、「香り」および「総合評価」として、評点方法は、「悪い（弱い）:-2～良い（強い）:+2」の5段階とした。官能評価は、灯油処理ハウス内、無処理ハウス内および室内（奈良農研セの一室）の3ヶ所で行った。

2) 成分分析

灯油処理ハウスで処理1日後と処理5日後に、また、無処理ハウスで処理5日後に、それぞれ収穫した果実について、灯油に含まれる揮発性臭気成分の1つであるノナン(C₉H₂₀)の吸着の有無を調査した。ピーラーで厚さ約1mm程度にそぎ取った果実表皮8g、ペクチナーゼ4mg、50ppm 3-Heptanone 0.1g、NaCl 2.0gおよび純水 1.9mgを褐色バイアルに入れて混合し、50℃に設定した恒温槽で45分間攪拌して得られた抽出液を試料とした。揮発性成分の採取は固相微量抽出法（SPME法）を用い、stableflex50/30μm DVB/Carboxen/PDMSのファイバーを用いた。GC/MS分析はGCMS-QP505（島津製作所）を使用し、キャピラリーカラムはDB-WAX（60m×0.32mm×0.5μm、

*奈良県農林部マーケティング課

**奈良県農林部農業水産振興課

***奈良県産業振興総合センター

****奈良女子大學生活環境学部

J&W Scientific), 検出器には電子衝撃イオン化検出器(イオン化電圧 70eV)を用いた。カラム温度は初期温度 35°Cで5分保持した後, 2°C・min⁻¹で210°Cまで上げた。キャリアガスはヘリウム, 気化室温度は240°C, 検出器温度は230°C, 注入方法はスプレットレスで行った。ピークの同定は, GC-MS分析で得られたマススペクトルとデータベースに保存されているマススペクトルとの比較により行った。揮発性成分の定量は標品を希釈したもの(0ppm, 0.25ppm, 0.5ppm, 1ppm)と内部標準(5ppm)を混合したサンプルを作成し, 内部標準に対するピークの面積比(Area/Internal Standard, 以下A/I)をGC分析によって求めることで検量線を作成し, 試料をGC分析した際に得られたA/Iを, 各成分の検量線に導入することで定量を行った。GC分析はGC-17A ver.3(島津製作所)を用いた。

実験2 藻の臭いがイチゴの食味に及ぼす影響

1) 官能評価

灯油が漏れていないにもかかわらず食味が悪いと感じられた高設栽培ハウスでは, 独特の異臭が感じられ, その原因は, 高設ベンチ下に発生している藻(第1図)ではないかと推察した。高設ベンチ下の藻と, 果実の食味低下の関連を検討するために, 官能評価を実施した。供試品種は‘古都華’とした。2014年2月6日16時に異臭がしない土耕栽培圃場で収穫した果実と異臭がする圃場の高設ベンチ下で採取した藻を, 容量45Lのポリエチレン製袋(厚さ0.03mm)に, 互いに接触しないように同封し, 温度調整を行わない室内に静置した。また, 対照として, 同一の土耕栽培圃場で収穫した果実を同容量のポリエチレン製袋内に入れた。2014年2月7日9時にポリエチレン製袋を開封し, 果実を15人による官能評価に供した。評価対象には, 異臭がする圃場で2月7日に収穫した果実を加えた。評価項目は「甘み」, 「香り」および「総合評価」として, 評点方法は, 「悪い(弱い):-2~良い(強い):+2」の5段階とした。また, 藻と同封処理した果実と異臭がする圃場で収穫した果実の香りについて, 「類似している」, 「違う」および「わからない」から選択制で回答を得た。

2) 藻類の同定

2015年1月15日に, 異臭がする圃場の高設ベンチ下で採取した藻をKano培地で培養し, 実体顕微鏡を用いた観察により同定した。



第1図 高設ベンチ下に発生した藻(図中の楕円内)
Fig.1. The alga which occurred under the bench culture system (in oval in the figure)

3) 成分分析

供試品種は‘古都華’とした。異臭がしない土耕栽培圃場で2015年1月18日に収穫し, 官能検査時と同様に藻との同封処理を施した果実と, 同じ圃場で2015年1月19日に収穫した果実について, カビ臭の原因であり, 藍藻類が生成する物質であるジオスミン(C₁₂H₂₂O)と2-メチルイソボルネオール(C₁₁H₂₀O, 以下, 2-MIB)⁷⁾の付着の有無を調べた。また, 同封処理に用いた藻についても, これら2つの物質の含有程度を調べた。揮発性成分の分析は加熱脱着法(TD法)を用いた。イチゴは4分割した果実200gを3Lのサンプルバッグに入れ, 空素ガスを充填した後, サンプルバッグ内のガスをポンプMP-Σ300(柴田科学(株))で0.5mL・min⁻¹の流速で吸引し, Tenax TA(60/80)を100mg充填したガラス管吸着剤に揮発成分を吸着させた。藻は0.05gについてイチゴ果実と同様に揮発成分を採取した。GC/MS分析はGCMS-QP2010Ultra(島津製作所)を使用し, キャピラリーカラムはDB-5MS(30m×0.25mmI.D, df=0.25μm, Agilent), 検出器には電子衝撃イオン化検出器(イオン化電圧70eV)を用いた。カラム温度は初期温度40°Cで1分保持した後, 5°C・min⁻¹で290°Cまで上げた。揮発成分の加熱脱着は, 40°Cから10°C・sec⁻¹で250°Cまで上げた後, 5分間温度を維持して行った。キャリアガスはヘリウム, 検出器温度は200°Cとした。ピークの同定は, 標品(和光純薬工業(株), 水質試験用(131-12431) 2-メチルイソボルネオール・ジオスミン混合標準液:各0.1mg/mlメタノール溶液)から得られたマススペクトルとの比

較により行った。揮発性成分の定量は、標品 0.2 μ g/3L, 0.1 μ g/3L および 0.001 μ g/3L のサンプルバッグからジオスミンと 2-MIB を吸着させたガラス吸着管を作成し、絶対検量線法で行った。

結果および考察

実験1 灯油の臭いがイチゴの食味に及ぼす影響

官能評価を無処理ハウス内と室内で行った場合の「香り」は、無処理果実に比べて灯油処理果実で悪い傾向にあり、「総合評価」の評点は無処理果実に比べて灯油処理果実で有意に悪かった(第1表)。これらの結果から灯油の臭いが充満したハウスで収穫されたイチゴの食味が低下することが明らかになった。しかし、官能評価を灯油処理ハウス内で行った場合、いずれの項目についても有意差は認められなかった。長瀨ら⁹⁾は、一定濃度の臭いをかき続けることによって臭いに対する感覚が低下する順応現象により、閾値を超える濃度の臭いに曝された場合、5分程度でその臭いをほとんど知覚できなくなると報告している。灯油処理ハウス内での官能評価では、順応現象により灯油の臭いを知覚することが困難になり、イチゴの食味低下を感じることができなかったと推察される。

抽出試料中のノナン濃度を測定した結果、無処理果実で検出されなかったのに対し、灯油処理果実では検出された。また、灯油処理果実の抽出試料中のノナン濃度は、処理1日後で0.127ppmであったのに対し、処理後5日後で0.343ppmと高かった(第2図)。

これら本結果と官能評価の結果は、イチゴの果皮表面への灯油の移り香がイチゴの食味低下の原因となり得ることを示している。

実験2 藻の臭いがイチゴの食味に及ぼす影響

「甘み」の評点は、いずれの果実においても明らかな差は認められず、「香り」と「総合評価」の評点は、対照の果実と比べて、異臭がする圃場で収穫した果実と藻と同封処理した果実で明らかに低かった(第2表)。また、異臭がする圃場で収穫した果実と、藻と同封処理した果実の間では各評価項目における差は認められなかった(第2表)。藻と同封処理した果実と異臭がする圃場で収穫した果実の香りについて「類似している」とする回答が他の回答に比べて明らかに多かった(第3表)。

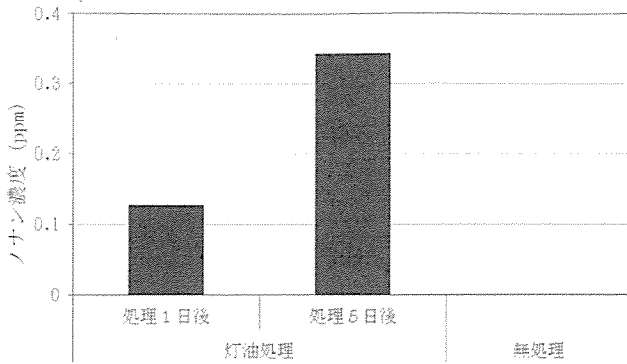
GC/MS による臭い成分分析では、常法では、200g の果実からジオスミンと 2-MIB を検出することはできなかったが、0.05g の藻からは 0.019 μ g のジオスミンと 0.62 μ g の 2-MIB が検出された。ターゲットイオンによる波形解析では、同封処理した果実と処理を行わなかった果実から、それぞれ 200g 当たり、ジオスミンが 0.00011 μ g, 0.00023 μ g, 2-MIB が 0.00152 μ g, 0.00018 μ g 検出された。

これらのことから、奈良農研セの異臭がするハウスの果実と、ハウス内で発生している藻と同封処理を施した果実の食味は類似していることが示され、異臭がするハウスで収穫した果実の食味の低下には藻が関与し、果実の食味低下を引き起こす臭い物質は 2-MIB である可能性が示唆された。

高設ベンチ下の藻について同定したところ、その大半がクロロコックム科であり(第3図)、松尾ら²⁾も養液栽培の養液中に発生した藻類をクロロコックム目と同定したものの、クロロコックム科の藻が異臭を発生するという報告はこれまでになく、実際に本試験で単離したクロロコックム科の藻からも異臭は認められなかった。異臭を発生する藻類として藍藻類が知られているが⁹⁾、奈良農研セの異臭がする高設栽培ハウスでは藍藻類が認められなかった。

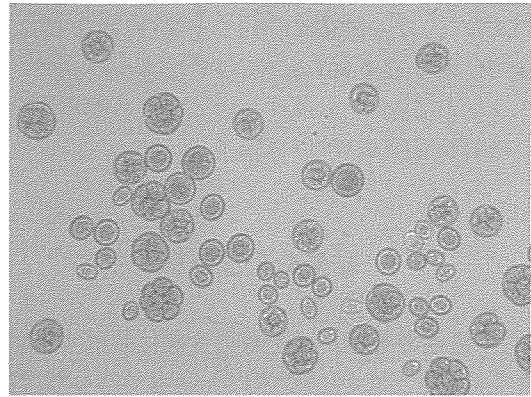
藍藻類の他に 2-MIB を産出するものとして糸状菌³⁾や土壤中の常在菌である放線菌が知られており、放線菌を原因とする異臭に関する苦情事例が報告されている^{2,3)}。奈良農研セの高設栽培ハウスで、異臭は高設ベンチ下のクロロコックム科の藻が占有する箇所のうち、枯死した部分から特に強く感じられたが、単離・培養したクロロコックム科の藻が培地上の無菌環境で枯死した場合では異臭は認められなかった。これらのことから、高設栽培ハウスの異臭は糸状菌や放線菌が枯死した藻を分解する際の生成物である可能性がある。

なお、奈良県内のイチゴの高設栽培を行う生産現場においても、排液が落ちて乾かない地表面やベンチ下の排液処理用の樋に発生した藻が原因と疑われるイチゴの食味低下が顕在化している。一方で、排水対策を講じ、ベンチ下の樋を定期的に水洗浄し藻を減らすことで、異臭の発生を軽減し、イチゴの食味を改善できることも確認できている。



第2図 イチゴ抽出試料中のノナン

Fig.2. The nonane in the strawberry abstraction sample



第3図 高設ベンチ下から単離したクロロコクム科の藻

Fig.3. The algae of *Chlorococcaceae* spp. isolated from still water under the cultivation bench.

第1表 灯油処理の有無と官能評価場所がイチゴの食味に及ぼす影響

Table.1. Effect of the kerosene processing and the difference of sensory evaluation place on the flavor of the strawberry

灯油処理	官能評価実施場所	2月13日実施			2月15日実施		
		甘み ^a	香り ^a	総合評価 ^b	甘み	香り	総合評価
有	灯油処理ハウス	1.3	1.0	0.8	1.0	0.1	0.7
無		1.1	0.5	0.9	0.4	0.3	0.0
	有意性 ^c	ns	ns	ns	ns	ns	ns
有	無処理ハウス	0.5	-0.9	-0.9	0.1	-0.9	-0.7
無		0.9	0.4	0.6	1.1	0.4	1.0
	有意性	ns	**	**	*	*	**
有	室内	0.3	-1.0	-1.1	0.6	-1.3	-1.0
無		1.1	0.0	0.6	0.6	0.1	0.7
	有意性	ns	*	**	ns	*	*

^a弱い:-2, やや弱い:-1, 普通:0, やや強い:+1, 強い:+2

^b悪い:-2, やや悪い:-1, 普通:0, やや良い:+1, 良い:+2

^c悪い:-2, やや悪い:-1, 普通:0, やや良い:+1, 良い:+2

^dt検定により, nsは有意差なし, *は5%水準, **は1%水準で有意であることを示す(n=7~8)

第2表 栽培圃場の異臭の有無並びに藻との同封処理がイチゴの食味に及ぼす影響

Table.2. Effect of the nasty smell in cultivation fields and the enclosed processing with an alga on the flavor of the strawberry fruits

栽培圃場の異臭	藻との同封処理	評価項目		
		甘み	香り	総合評価
有	無	0.0 a ^a	-1.2 a	-1.1 a
無	有	-0.3 a	-1.6 a	-1.5 a
無	無	0.4 a	0.4 b	0.6 b

^aTukey検定により異なるアルファベット間では5%水準で有意差あり(n=15)

第3表 藻と同封処理した果実と異臭がする圃場で収穫した果実の香りの類似性に関する評価結果

Table.3. Evaluation of the similarity on the flavor between strawberry fruits which had been enclosed with an alga and those which were harvested in the plastic house full of nasty smell

回答項目	回答者数(人)	割合(%)
類似している	11	73.3
違う	2	13.3
わからない	2	13.3
P値 ^a	0.0045	

^aカイ2乗検定により算出(自由度=14)

謝辞

本研究を実施するにあたり、藻類の同定にご協力頂きました滋賀県立琵琶湖博物館の大塚泰介博士、奈良県農業研究開発センターの仲照史総括研究員、平山喜彦主任研究員および浅野峻介主任主事に深謝の意を表します。

引用文献

1. 朝日新聞. 2008.10.24.朝刊.カップめん食べ嘔吐
2. 長谷川徹. 1989. 放線菌. 化学と生物. 27:129-136
3. 浜田信夫・増田淳二・福山丈二. 1999. 数種のカビの悪臭発生特性. 生活衛生. 43:135-143
4. 保坂三継・眞木俊夫. 2001. 放線菌を原因とするウォーターサーバーのかび臭発生事例. 東京衛研研究年報. 52:260-264
5. 松尾昌樹・高橋亮. 1994. オゾンによる養液内藻類の駆除法. 植物工場学会誌(JOURNAL OF SHITA). 5(2)/6(1):23-26
6. 長瀨志・山中俊夫・相良和伸・甲谷寿史・桃井良尚・竹村明久. 2010. 主観評価を用いた嗅覚の順応過程に関する基礎的研究. 日本建築学会近畿支部研究報告集・環境系. 50:337-340
7. 岡山治一・高木良治・西川光春・根来健. 1988. 琵琶湖に発生した異臭味原因藍藻類に関する研究1. *Anabaena*の培養形態観察. 2. *Anabaena Phormidium*が算出するかび臭物質の動向. 水道協会雑誌. 52:54-56
8. 貞升友紀・井部明広・田端節子・安井明子・下井俊子・小川仁志・松本ひろ子・鈴木敬子・鈴木仁・広門雅子・嶋村保洋・中島和雄・小沢秀樹・木村圭介・田口信夫・小林千種・山嶋裕季子・大野郁子・宮川弘之・牛山博文・新藤哲也・観公子・斉藤和夫. 2001. 食品の苦情事例(3*1)異味・異臭. 東京衛研年報. 52:149-153
9. 八木正一. 1988. 琵琶湖かび臭の原因生物の現状. 日本水処理生物学会誌. 24:28-36