

漬物で国際交流

米国農務省(USDA)との交流

United States Department of Agriculture

以下の点を伝え、意見交換、議論したい

○黄瓜の糠漬けと黄瓜のピクルス
本質的相違点

○米国でも米糠は購入出来る
糠床を伝承出来るか／伝承事例

○糠床の魅力、外国人に伝わるだろうか

2000年、花王の研究者だった研究会会長は個人的関心から米国農務省 (USDA NCUAR : Peoria, IL、イリノイ州 ; 米国中西部を統括) を訪問し、当時描いていた未来植物に関し、先方でプレゼンする機会を得た。ネットで知り合ったUSDAの Abbott 博士の計らい。一方、会長は当時、USDA から cuphea という種類の種子 (遺伝子情報) を複数種無償提供頂き、和歌山の自宅で発芽実験をし、月一でUSDA に進捗を報告していた。



Cuphea実験農場 (Peoria、イリノイ州)



多種の cuphea の発芽実験、和歌山

以上の経緯の下、2014年に設立した研究会の活動の一環として「国際交流」を規約に明記した。糠漬け (発酵野菜) を通して外国と交流したかった。米国にはピクルス、ドイツには Sauerkraut (キャベツの薄塩漬け) がある。2018年、発酵野菜でNorth Carolina州のUSDAに相談し、関連の博士研究員を4名紹介頂いた。Suzanne とFred と交流し、2022.8、後者と再開。



USDAでの当方のプレゼン (7/19, 2:00)

私の研究コンセプトの発表機会を提供



Abbott博士の計らい：USDAの各研究室を回り、彼等の研究を紹介下さった



USDAメインビルディング

アメリカの発酵野菜は

大規模大量生産する黄瓜のピクルスが主流

瓶詰の保存食 (日本では梅干し、沢庵、らっきょう、高菜漬け、奈良漬けなどは保存食)

【米国のピクルスの課題】

- ①塩分低減 (CaCl_2 塩化カルシウム代替え?)
- ②ピクルス漬け液 (brine : 食塩水) の品質劣化

【日本の現在の糠漬けの特徴】

- 黄瓜の糠漬けは鮮度を評価 (時間経過とともに水が流出)
- それ故、糠床から取り出したら一両日で完食
- 新鮮な緑色とパリッとした食感も黄瓜の糠漬けの評価項目
- 現在の糠漬けは、保存食としてのイメージはない

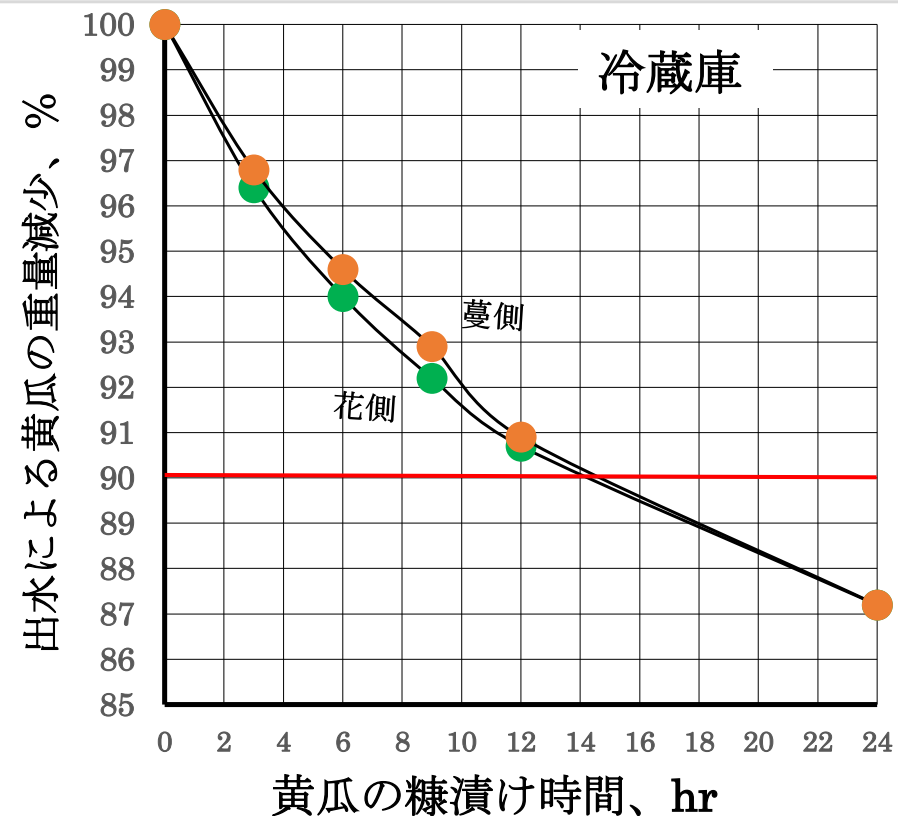
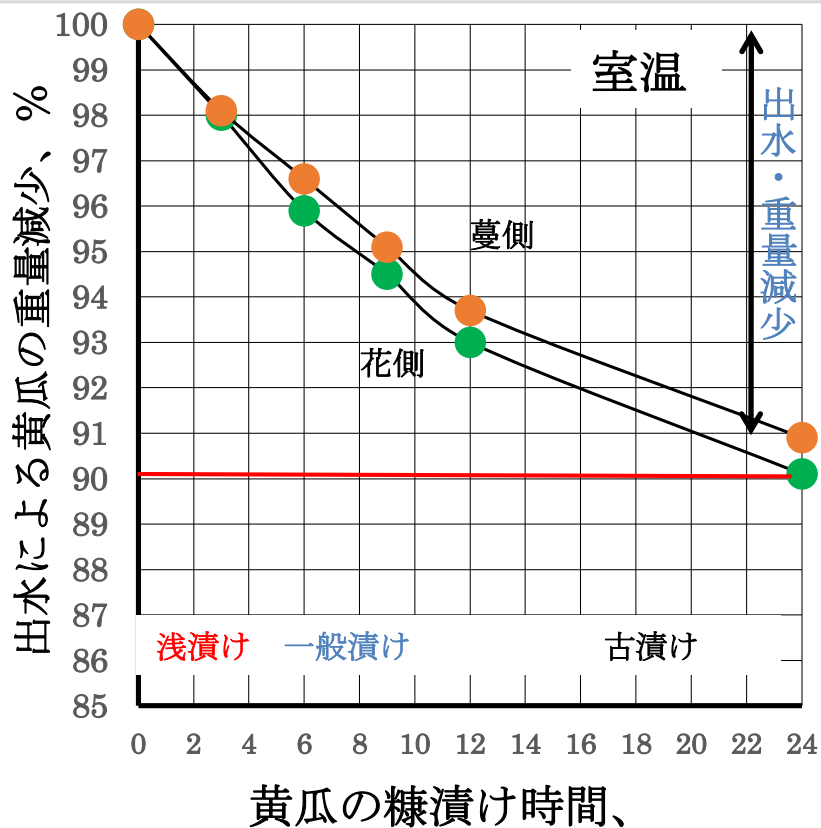
ピクルス漬け液と熟成糠床の揮発成分を化合物の種類ごとに分類比較し、ホームページに掲載。糠存在の特徴が明確。

日本の糠漬けは、 その鮮度も評価する

瓶詰の保存食にはない固有の評価軸
保存食の賞味期限の評価項目とは？

漬物の鮮度の価値を伝えたい

黄瓜の糠漬けの進行過程を、①出水量、
②味、③色相、④温度環境で比較観察した



黄瓜（花側半分、蔓側半分）の糠漬け時の重量減少と温度の影響（2020.8.12 夏）

【室温漬け】

◎花側は蔓側より重量減少が1%大

一般に花側の方が糠漬けが美味しく、食感も良い（組織が異なる）

【冷蔵庫漬け】

◎花側は当初蔓側より重量減少が0.5%大であるが、12時間目以降、両者は同一。その後、重量減少は室温漬けより3%大になった。



室温 (28.7℃)

冷蔵庫 (7℃)

室温 (28.7℃)

冷蔵庫 (7℃)

6h

蔓側

花側

緑色褪せ気味 漬かり過ぎ 緑色保存、浅漬け

12h

緑色保存

9h

蔓側

24h

緑色保持

緑色褪せ 古漬け 緑色保持フレッシュ感

黄瓜の横 2 分割糠漬け (蔓側、花側 2020.8.12)

花側

6h 漬け

室温

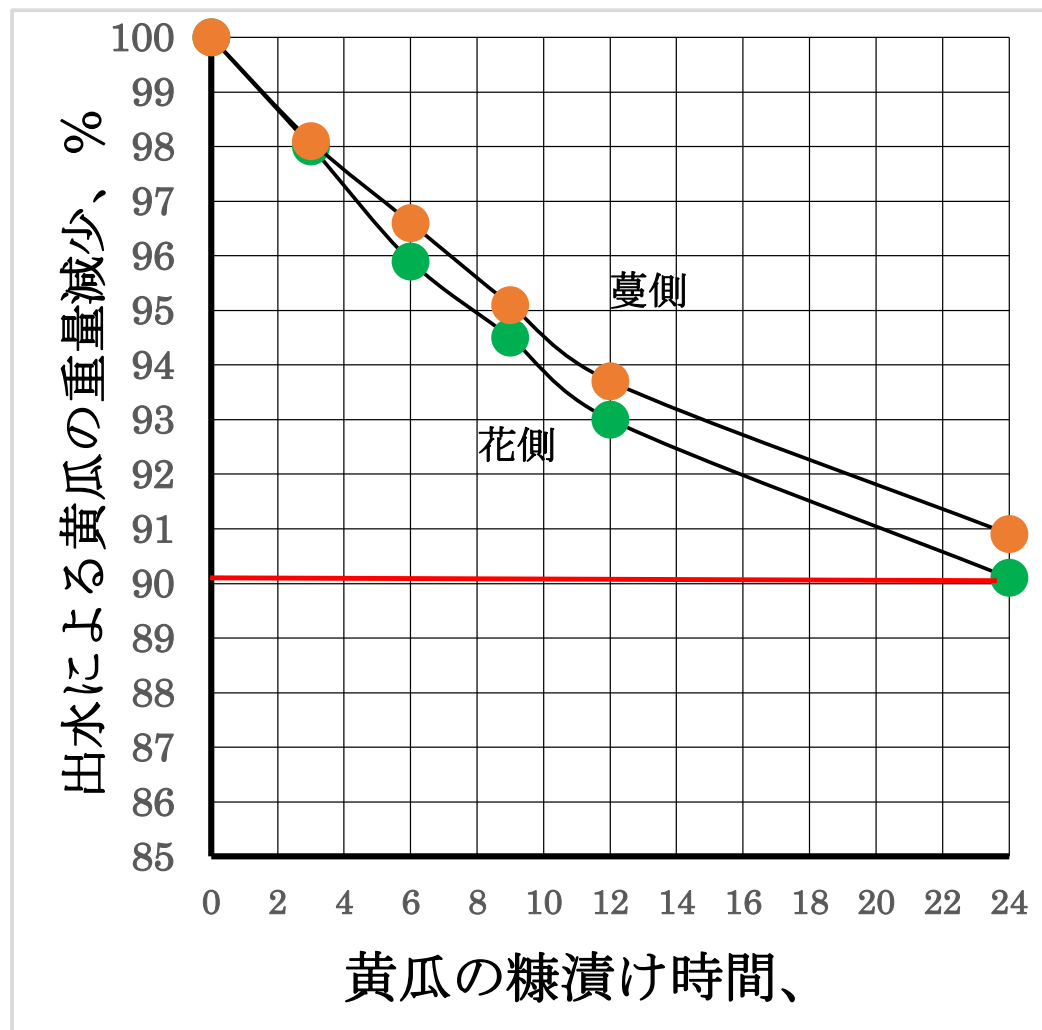
冷蔵庫

床の塩分、pH
黄瓜重量減少率

4.2%, 3.9
5.4 % (緑色が若干色褪せ)

4.2%, 4.1
4.0 % (黄瓜の緑色保存)





黄瓜の糠漬けと黄瓜のピクルスの比較

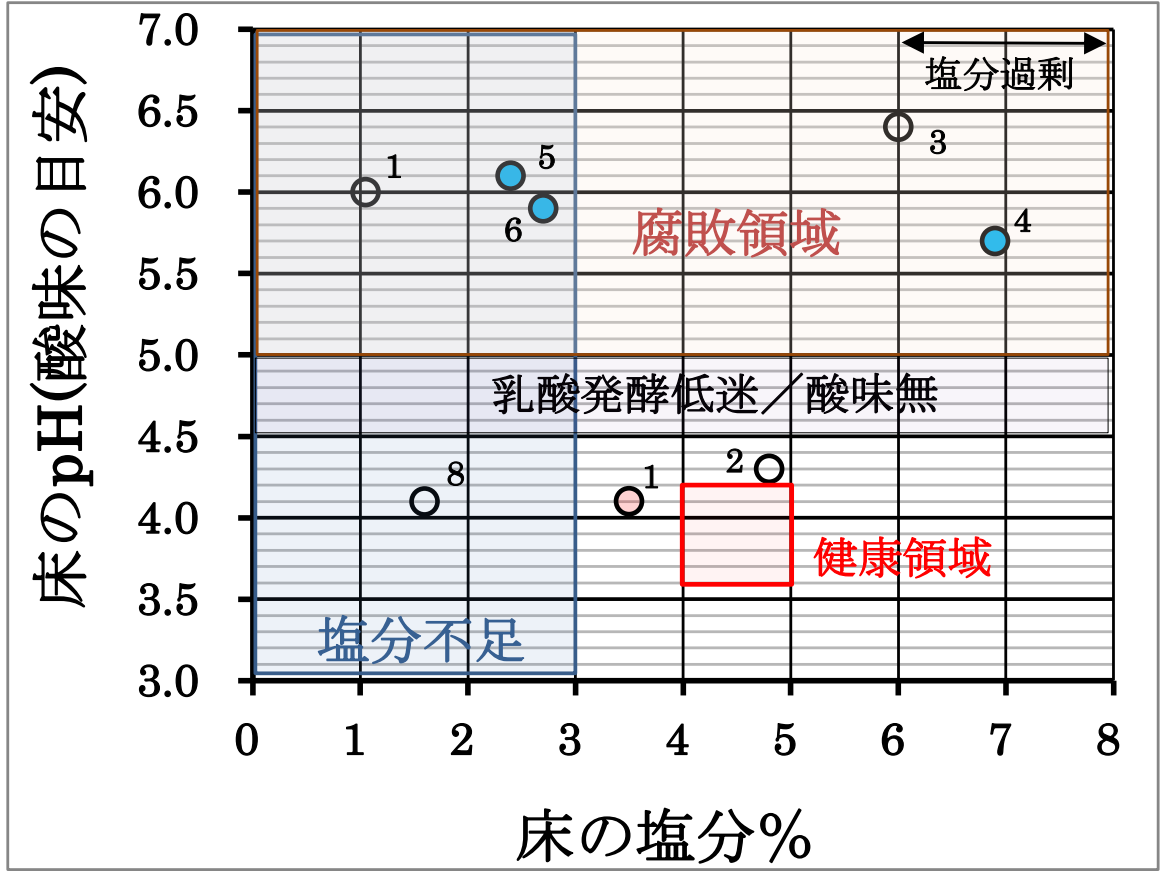
聞いてみよう：後者の重量減少は如何ほど？

浅漬け、古漬けはあるの？

ピクルス漬け床と糠床の組成比較

		ピクルス	
		漬け床	糠床
床組成 (%)	水	92~95	55-70
	塩	8~5	5.2~4.5
	糠	0	35~25
	食塩水濃度	8~5	7~6
	床のpH	4.6 以下	4.2 ~3.5

両床の塩分はそれ程大きな差異は無いが、水分はピクルス床の方が圧倒的に大である。pHは両床共、不要土壌細菌の増殖を抑制すべく同レベルの酸性環境にある。ピクルス床は水分が大であるため、塩分を糠床より大にして不要菌の増殖を抑制している。ピクルス床は pH が 4.6 を超して酸味が低下すると腐敗が進行し、漬物業界でのコストアップ要因になっている(参考文献2)



ピクルス漬け床 (brine) のpH管理値は4.6以下

健康糠床と同領域

糠床の健康領域 (好適塩分 4~5% pH 4.2~3.6)

○塩分3%以下は危険領域

糠床に共存の土壌細菌が低塩分下に急増殖を開始して不快臭の発生し、
乳酸発酵を抑えて酸味低下と糠床の品質低下へ

○pH5以上は糠床腐敗領域

糠床に共存の耐酸性の無い土壌細菌の急増殖が進行し糠床は腐敗へ向かう

Suzanne の論文

1. "Quality of Cucumbers Commercially Fermented in Calcium Chloride Brine without Sodium Salts", Erin K. McMurtrie¹ and Suzanne D. Johanningsmeier , Hindawi Journal of Food Quality, Volume 2018, Article ID 8051435, 1-13.
2. "Making pickled products, Fermented and Acidified Vegetables", I. M. Pe´rez-Di´az, F. Breidt, R. W. Buescher, F. N. Arroyo-Lo´pez, R. Jime´nez-Di´az, A. Garrido Ferna´ndez, J. Bautista Gallego, S. S. Yoon and S. D. Johanningsmeier, 2013 APHA Press, 1-13.
3. "Detection of Volatile Spoilage Metabolites in Fermented Cucumbers Using Nontargeted, Comprehensive 2-Dimensional Gas Chromatography-Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC×GC-TOFMS) ", Suzanne D. Johanningsmeier, Roger F. McFeeters, Journal of Food Science, Vol. 76, Nr. 1, C168 –C177 (2011).
4. "Cucumber Fermentation", Wendy Franco, Suzanne Johanningsmeier, Jean Lu , John Demo , Emily Wilson⁶ and Lisa Moeller, Lactic Acid Fermentation of Fruits and Vegetables, 107-155 .

Fred の論文

1. “Characterization of six *Leuconostoc fallax* bacteriophages isolated from an industrial sauerkraut fermentation”, Barrangou, R., S. S. Yoon, F. Breidt, H. P. Fleming, and T. R. Klaenhammer., *Appl. Environ. Microbiol.* 68:5452-5458. (2002).
2. “Competitive growth of genetically marked malolactic-deficient *Lactobacillus plantarum* in cucumber fermentations”, Breidt, F., and H. P. Fleming, *Appl. Environ. Microbiol.* 58(12):3845-3849. (1992).
3. “Determination of 5-log reduction times for food pathogens in acidified cucumbers during storage at 10 and 25u” Breidt, F., J. S. Hayes, and R. F. McFeeters. *C. J. Food Prot.* 70(11):2638-2641 (2007).
4. “Determination of 5-log pathogen reduction times for heat-processed, acidified vegetable brines”, Breidt, F. Jr., J. S. Hayes, J. A. Osborne, and R. F. McFeeters... *J. Food Prot.* 68(2):305-310 (2005).
5. “Use of linear models for thermal processing acidified foodsB”, reidt, F., K. P. Sandeep, and F. Arritt.. *Food Prot. Trends* 30(5):268-272. (2010).

Fred から紹介された論文 (2022.8.29)

The relationships between microbiota and the amino acids and organic acids in commercial vegetable pickle fermented in rice-bran beds, Kazunori Sawada¹, Hitoshi Koyano², Nozomi Yamamoto² & Takuji Yamada, Nature research, Scientific Reports | (2021) 11:1791

米糠床で発酵させた業務用野菜の漬けものの


微生物叢とアミノ酸／有機酸との関係

東京工業大学

研究会の比較研究

今井正武先生と Suzanne の論文より、ピクルス漬け床と熟成糠床の揮発成分のうちカルボン酸、ラクトン、およびエステルを両床で比較し次頁に示した。糠の存否により、米糠油に起因して両床に大きな差異があることが分かる。詳細はホームページに掲載済み。

Carboxylic acids of pickles brine (left) and Nuka-doko (right)

USDA (Suzanne)			fold change*	Dr. IMAI (130-years Nuka-Doko)		
Acids	Average area	Acids		acids contained ppb	acids eliminated ppb	
1 Acetic acid		9,802,352	4.5	1 Acetic acid	3,132	—
2 Propanoic acid		230,741	4.8	2 Propionic acid	53,005	—
3 Pivalic acid		106,234	3.0	3 Isobutyric acid	1,561	—
4 Butanoic acid		55,323		4 Butyric acid	1,037	—
5 2-Methylbutanoic acid		136,728		5 2-Methylbutyric acid	4,745	—
6 Pentanoic acid		81,854	6 Valeric acid (Pentanoic acid)	960	—	
7 Hexanoic acid		721,279	7 Caproic acid (Hexanoic acid)	1,724	—	
8 Octanoic acid		375,641	8 Caprylic acid (Octanoic acid)	1,079	—	
9 Nonanoic acid		501,018	9 Nonanoic acid	610	—	
10 Decanoic acid		52,296	10 Lauric acid	25	—	
		11 Myristic acid	117	—		
		12 Palmitic acid	294	782		
Acetic acid is main.				Propionic acid is main		
		[Aromatics]				
		13 Benzoic acid		236		

Lactones of pickles brine (left) and Nuka-doko (right)

USDA (Suzanne)			fold change	Dr. IMAI (130-years Nuka-Doko)		
Lactones		Lactones		acids contained ppb	acids eliminated ppb	
1 Butyrolactone (C4)	276,487	1 Butane-1,4-olide	182	—		
		2 Pentane-1,4-olide	23	—		
		3 Hexane-1,4-olide	—	126		
2 5-pentyl-γ-lactone (C9)	100,505	4 Nonane-1,4-olide	1636	2179		
		5 Decane-1,4-olide	83	—		
		6 2,3-Dimethyl-2-nonene-1,4-olide	—	65		
		7 Undecane-1,4-olide	164	100		
		8 Dihydroactinidiolide	31	134		
		9 Dodecane-1,4-olide		45		

C₉ γ-lactone has peach scent

Comparison of volatile compounds of pickles brine (left) and Nuka-doko (right)

Volatile Compounds in Fermented Cucumber Brines¹

¹ Suzanne, J. Food Sci., 76 (1), C168-C177 (2011). From Table 3 and Table 4

[Compound Groups]

Hydrocarbons, Alcohols, Aldehydes, Ketones, Acids, Esters, Ethers, Furans, Pyrans

【Esters】

USDA (Suzanne)		Average area	fold change*
Esters			
1 Methyl lactate	Lactic acid fermentation Esters of LA and AcOH	1,719,881	-3.2
2 Ethyl lactate		7,808,306	-1.7
3 Isoamyl lactate		27,084	
4 Methyl acetate	Alcohol fermentation & oxidation	1,012,974	2.3
5 n-Propyl acetate			6.0
6 Isoamyl acetate		33,883	6.0
7 Methyl propionate	Glutamate metabolites by yeast	57,501	-1.9
8 Ethyl propionate		81,551	
9 2-Methyl, 3-hydroxy, 2,4,4-trimethylpentyl propanoate		281,380	
10 2-Methyl, 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methylethyl) propylpropionate		185,822	
11 trans-3-Hexenyl butanoate		42,111	
12 Ethyl nitrate		4,708	
No esters originating from rice bran			

Aged Rice Bran Beds²

²M. Imai, Agric. Biol. Chem., 55 (9), 2209-2220 (1991).

[Compound Groups]

Esters, Acids, Aldehydes, Ketones, Hydrocarbons, S,N-Compounds, Alcohols

Lactones, Phenols

Imai (130 years rice bran bed)		acids contained ppb	acids eliminated* ppb
Esters			
1 Ethyl lactate	Lactic Acid Fermentation	483	—
2 Amyl formate	Alcohol Fermentation & Oxidation	555	—
3 Propyl acetate		1053	—
4 Hexyl acetate		—	58
5 cis-3-Hexenyl acetate		56	—
6 Octyl acetate		—	41
7 Phenethyl acetate		236	264
8 Propylphenyl acetate		—	83
9 1,3-Propanediol monoacetate		—	—
10 1,3-Propanediol diacetate		—	91
11 Ethyl propionate		Glutamic acid Metabolites by yeast	69
12 Isobutyl propionate	—		12
13 Propyl propionate	1930		119
14 Amyl propionate	—		27
15 Hexyl propionate	—		192
16 Heptyl propionate	—		44
17 2-methylbutyl propionate	155		126
18 Octyl propionate	—		78
19 Phenethyl propionate	412		794
20 Propyl butyrate (C4 acid)	54		56
21 Propyl valerate (C5 acid)	—	19	
22 Propyl 2-methylbutyrate (C5 acid)	69	20	
23 Ethyl caproate (C6 acid)	rice bran oil besed esters	—	38
24 Propyl caproate (C6 acid)		189	57
25 Ethyl caprylate (C8 acid)		—	36
26 Propyl caprylate (C8 acid)		—	107
27 Methylmyristate		—	36
28 Ethyl myristate		—	75
29 Propyl myristate		103	173
30 Methyl palmitate		45	84
31 Ethyl palmitate		203	286
32 Propyl palmitate		165	465
33 Methyl oleate	—	49	
34 Ethyl oleate	144	283	
35 Propyl oleate	—	336	
36 Ethyl linoleate	—	220	
37 Propyl linoleate	157	423	
38 Propyl benzoate [Aromatics]	120	112	
39 Dibutyl phthalate [Aromatics]	175	342	

*Changes in volatile metabolites associated with anaerobic spoilage of fermented cucumber slurry (pH 3.8, 6% NaCl)

* neutralization with 10% aqueous NaHCO₃ solution, followed by the extraction with diethylether