

ぬか床の科学

ぬか床の基本原料とその役割

- **ぬか** 糖質(乳酸原料)、脂質(米ぬか油：香味成分の原料)、蛋白質、乳酸菌の初期供給源 (ぬかは篩って使用) **ぬかの成分 (次スライド)** **【乳酸菌の住み家】**
- **塩** 浸透圧で野菜から水分、糖質、ビタミン、酵素を床に抜き出す；**酸とペアで土壌細菌を死滅させ、腐敗を抑制。**
- **水** 乳酸菌と酵母菌の生息環境を提供 (不足⇒ 不発酵、腐敗臭) ぬか床熟成香味成分の輸送媒体
- **昆布** グルタミン酸(熟成香気成分の原料)の供給源
- **種ぬか** ぬか床発酵の開始剤(スターター)
- **野菜** 糖質、ビタミン、酵素の供給源；乳酸菌と酵母菌の供給源
- **香辛料** 香味付け 過剰添加⇒ ぬか床の発酵を疎外し、熟成香味を不鮮明にする

乳酸菌、酵母菌
耐塩性／耐酸性

土壌細菌
耐性無し

代表的香辛料

- 唐辛子
- 山椒の実
- 生姜
- 柑橘の皮 (柚子、だいたい)
- ニンニク

過剰添加



酸味激減

乳酸菌の発酵阻害

熟成香気激減

酵母菌の発酵阻害

匂いが残る

過剰添加：山椒と唐辛子の香が異常に強く、ぬか床とは程遠いものになる

米糠の成分 (100g中の含量)



エネルギー(kcal)	286	レチノール当量(μg)	0.00
水分(g)	13.5	レチノール(μg)	0.00
たんぱく質(g)	13.2	※カロテン(μg)	0.00
脂質(g)	18.3	ビタミンD(μg)	0.00
飽和脂肪酸(g)	0.00	ビタミンE(mg)	0.00
一価不飽和脂肪酸(g)	0.00	ビタミンK(μg)	0.00
多価不飽和脂肪酸(g)	0.00	ビタミンB1(mg)	2.50
コレステロール(mg)	0.00	ビタミンB2(mg)	0.50
炭水化物(g)	38.3	ビタミンB6(mg)	0.00
食物繊維(g)	7.80	ビタミンB12(μg)	0.00
水溶性食物繊維(g)	0.00	ナイアシン(mg)	25.00
不溶性食物繊維(g)	0.00	葉酸(μg)	0.00
食塩相当量(g)	0.00	パントテン酸(mg)	0.00
廃棄量(%)	0.00	ビタミンC(mg)	0.00
灰分	0.0	ナトリウム(mg)	5.00
		カリウム(mg)	1800.00
		カルシウム(mg)	46.00
		マグネシウム(mg)	0.00
		リン(mg)	1500.00
		鉄(mg)	6.00
		亜鉛(mg)	0.00
		銅(mg)	0.00
		マンガン(mg)	0.00

94.4%

発酵促進ミネラル

乳酸菌と酵母菌の発酵を促進

天然塩：Ca、Mg

昆布：K、P、K、Na、Ca、Mg、Fe の供給源

天然水：ミネラル（Ca、Mg）が補遺不で酵母の活性
銘酒の水（例：灘の酒）に大きく寄与

フィチン酸（糠の成分）：P、Mg、Ca の供給源。

ぬか床の微生物

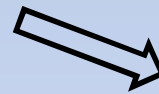
生糠から

総菌数 (1.6 × 10⁷個/g)

乳酸菌 15%

土壌細菌* 85%

酵母菌 0%?



*塩分と酸で10日で死滅(99%)

生野菜から

乳酸菌 (野菜表面や葉に付着)

酵母菌 (糖、蜜を好み花に付着し、蝶や蜂が運ぶ)

乳酸発酵 (糖質から主に乳酸を生産)

アルコール発酵、アミノ酸発酵

(揮発性脂肪酸、アルコール、エステル等を生産)

ぬか床の香気成分の生産

乳酸菌、酵母、野菜からの酵素が

- (1) 糖質
- (2) 脂質（米糠油）
- (3) アミノ酸

を発酵し、変化させて生産する

* 脱脂糠使用のぬか床や、野菜の漬け出しを怠るぬか床には熟成香は生産されない

ぬか床の塩分、酸味、水分は床 の健康維持に必須

好適な塩分濃度と酸味の強さが土壌細菌（大腸菌）の増殖を抑制する。漬け野菜からの水が蓄積し放置するとこれらが低下し、耐性のない不快臭を放つ土壌細菌が急増殖する。毎日、歯磨きするように日々の床の手入れが大切。ヒト（人体の水分は体重の約65%）の脱水症状と同様、床の水分不足は発酵停止を招き腐敗傾向となる。限界水分濃度が存在する。

ぬか床の発酵に要する水分濃度

会員による速醸床の試作実験(2015.4)より

	木村	木村	NO氏	NA氏	MI氏
	①	②	③	④	⑤
	今井式	黄瓜補正*	水低減		
種糠	50	50	50	50	50
生糠	333	333	333	333	333
塩	41	41	41	41	41
水	600	533	450	400	350
黄瓜	67	67	67	67	67
合計	1091	1024	941	891	841
水%	64	62	59	56	54
塩%	4.0	4.3	4.7	4.9	5.2
発酵	○	○	○	○	不発酵

* 摺りおろし黄瓜も水とみなす

好適水分濃度

55 ~ 65%

硬い床 (小倉) 軟らか床

耳たぶ程度
握って水がにじむ

~70%

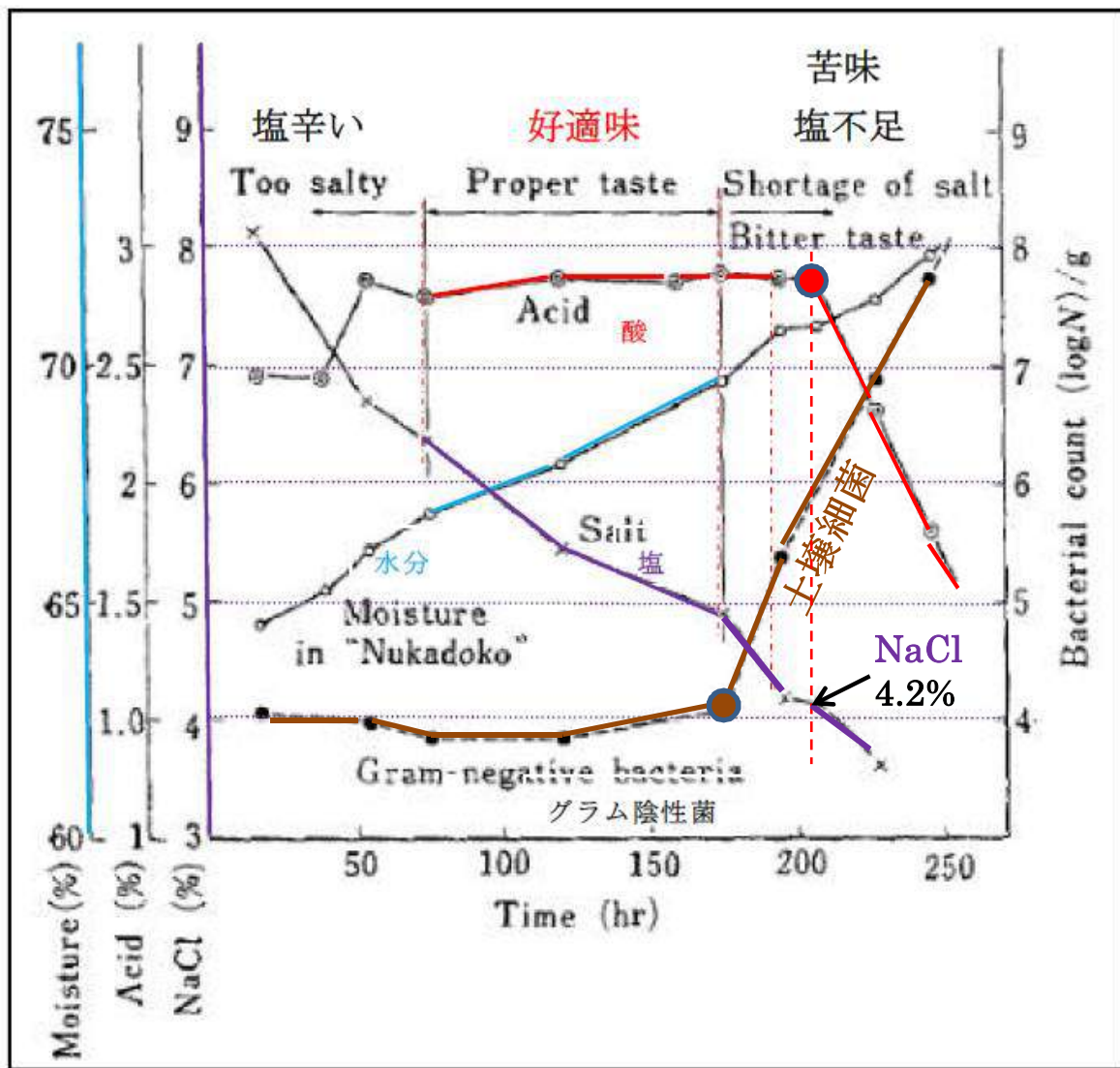
水が床表面に浮き出る

KA氏：55%で管理

次第に腐敗臭
再生不可
二月後廃棄



ぬか床の管理項目



今井、日本農芸化学会誌、57(11)、1105-1112(1983).
 “ぬか床の熟成に関する研究 (熟成中の菌叢および糠床成分の変化)”

①好適食塩濃度

5%前後

$\frac{\text{塩}}{\text{塩} + \text{糠} + \text{水}} \times 100$

- 土壤細菌を死滅させ、
(塩分、酸耐性無し)
- 不快臭の発生を抑制

乳酸菌と酵母菌は耐塩性で耐酸性

②好適水分濃度

65% > 水分 > 55%

糠味噌を握って水がにじむ硬さ

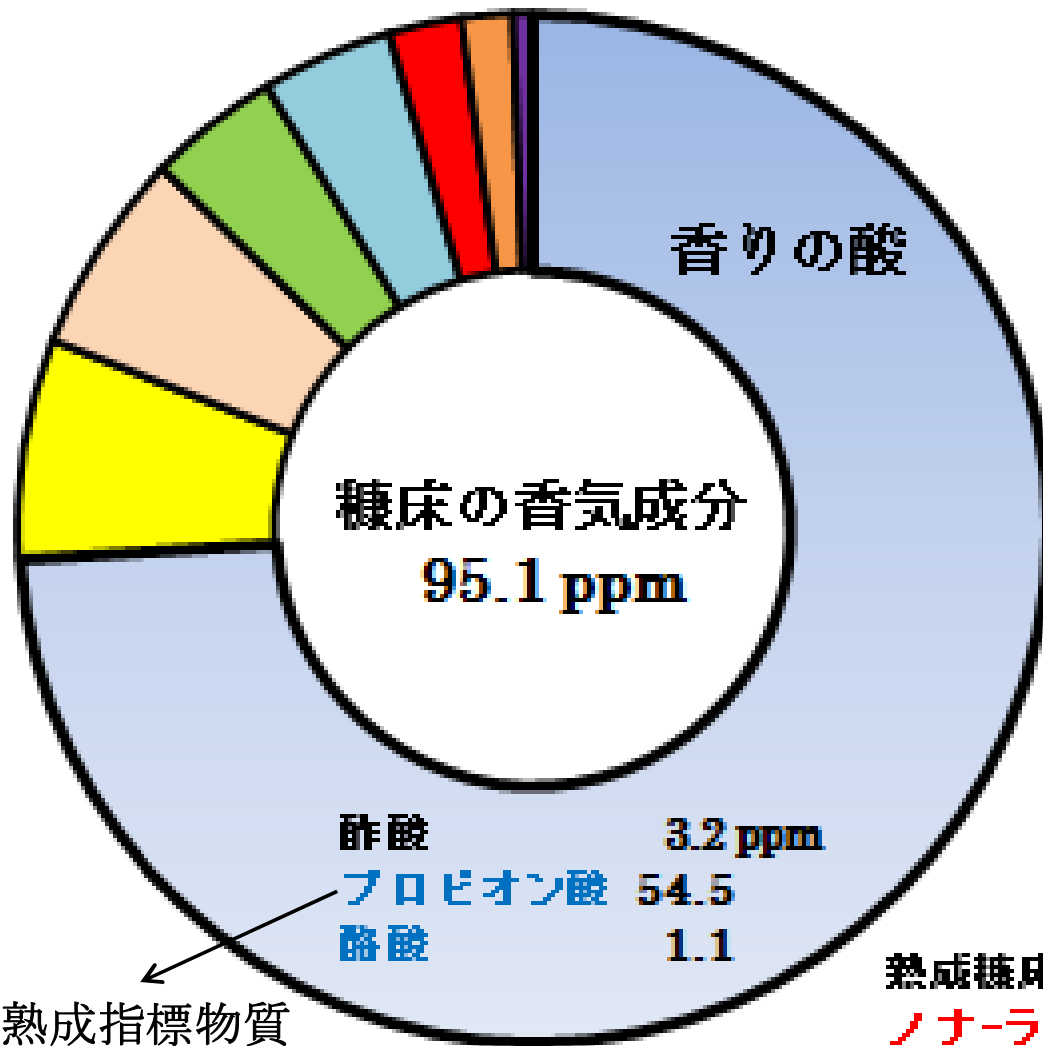
③発酵に好適な温度

20-25°C

④pH (酸味の目安)

3.5-4.5

糠床の好適環境



160年床の香気成分

今井、食の専門雑誌、107(1), 41-45 (2013)
 今井、日本食品低温保蔵学会誌、21(3), 161-178 (1995)

ぬか床の香味成分

- その由来と生産菌 -

香：①酵母菌による糖質（米糠及び野菜のブドウ糖と蔗糖）とアミノ酸（昆布と生糠含有蛋白のグルタミン酸）の発酵生産物。

～100ppm

香成分：エステル類、アルコール類、揮発性脂肪酸類

②野菜由来酵素（リポキシゲナーゼ）による米糠油の分解生産物。

香成分：ラクトン類等

味：○乳酸菌による糖質（野菜、生糠）の発酵生産物

1.0～1.9%

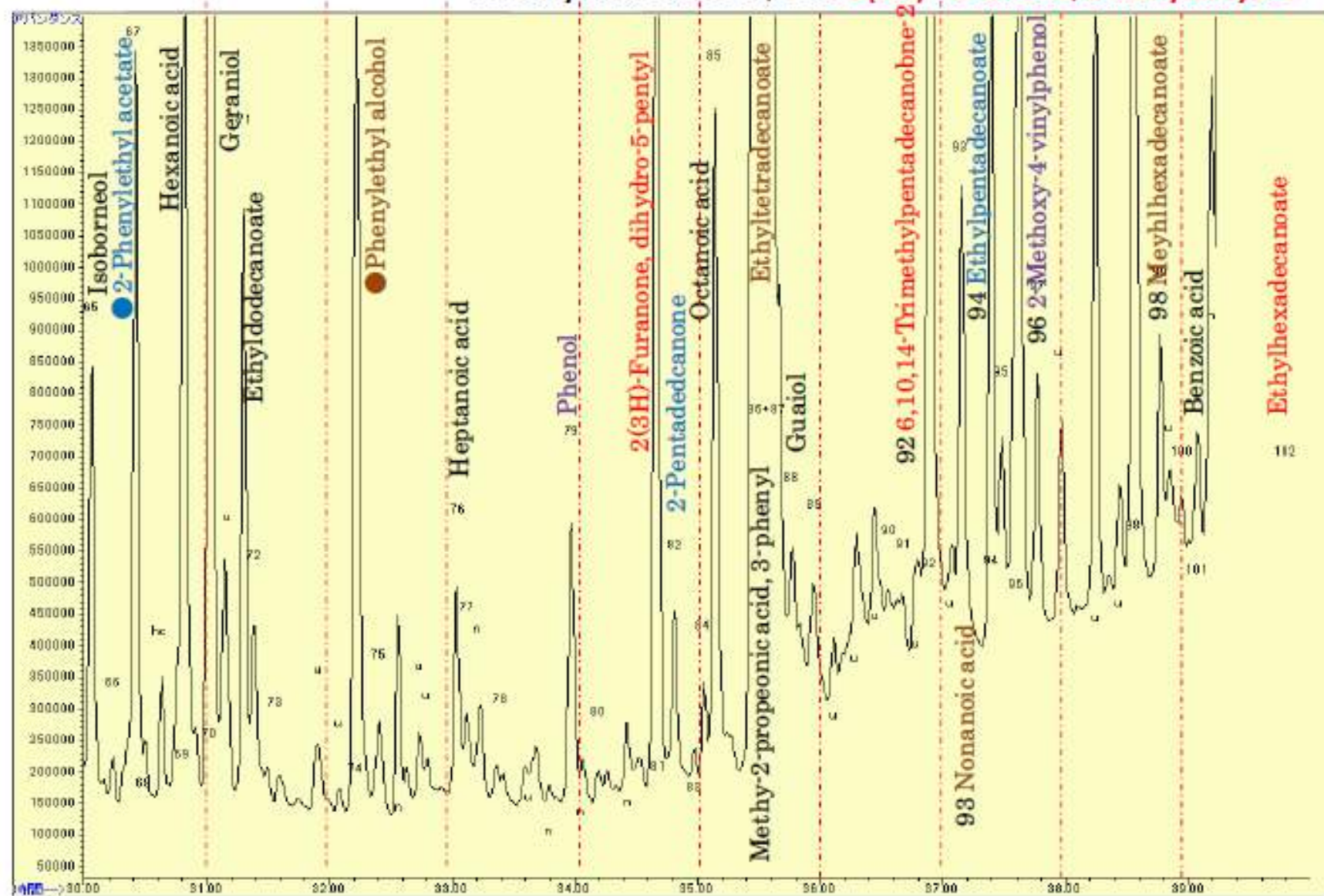
味成分：乳酸、酢酸

糠床と糠炊き煮汁の 発酵成分／化学成分の分析事例

GCMS(Gas Chromatography Mass Spectroscopy)
での分析

糠床：30～40分

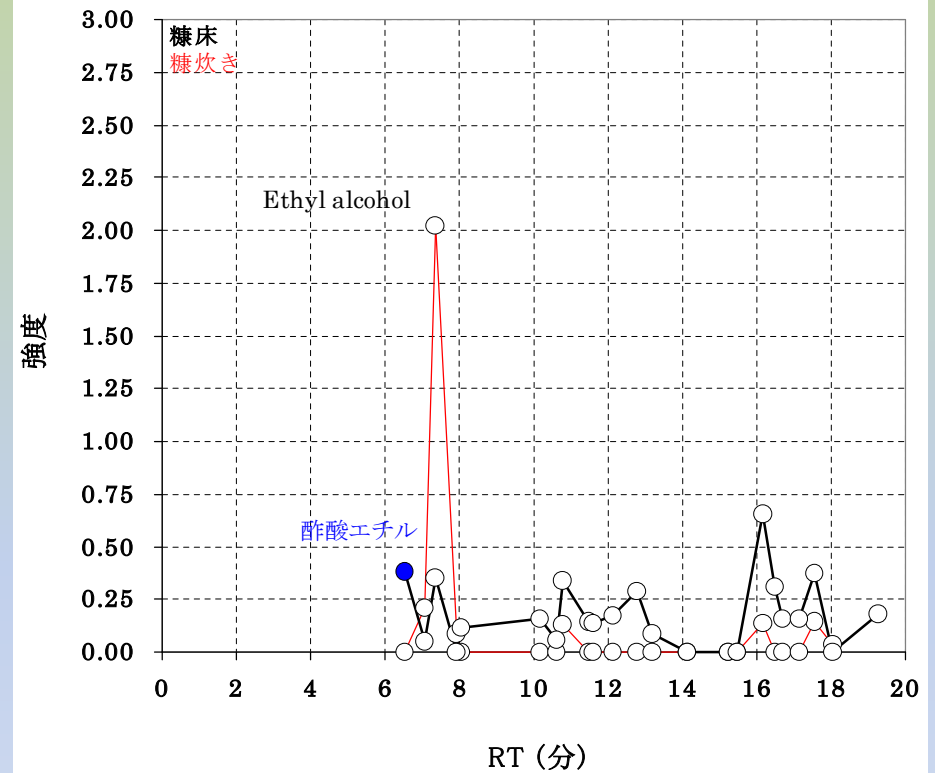
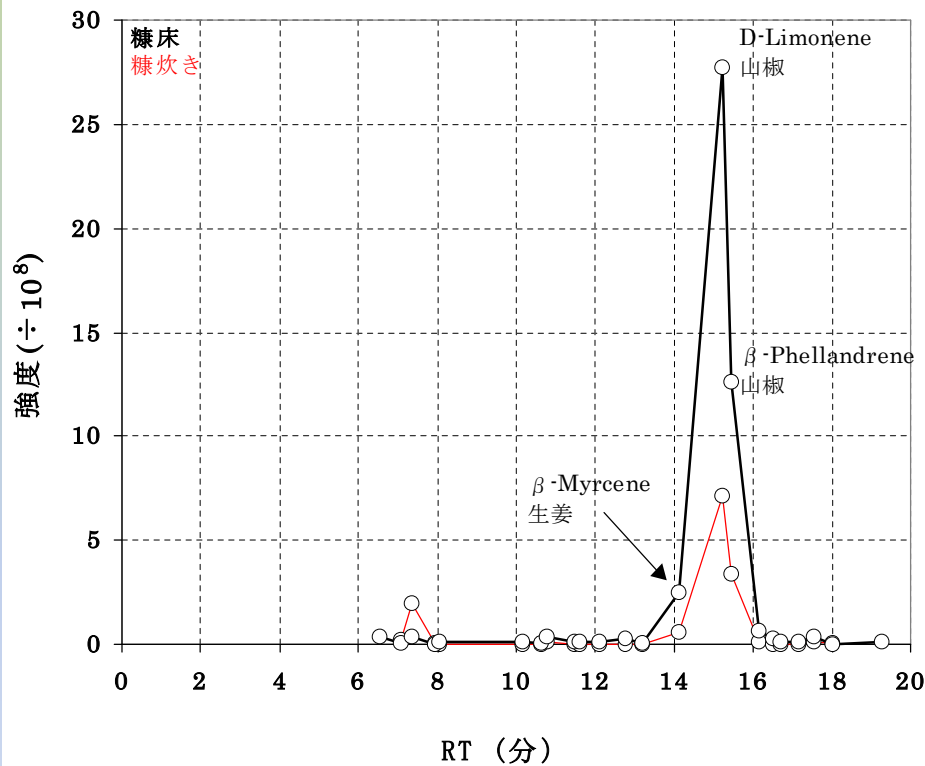
- 73 Butylbutanoate; 75 **2(3H)-furanone, 5-butyldihydro-**; 83 Gleenol
89 Cyclohexanol, 2-(2-hydroxy-2-propyl)-5-methyl
95 Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-
78 Ethyltridecanoate; 100 **2(3H)-Furanone, 5-hexyldihydro**



糠床と糠炊き煮汁の香気成分のGCMS測定事例

材料	RT	炊き／床		増減	糠炊き	糠床
		糠炊き	糠床			
生姜	6.52	0	0.38202	消失		Ethylacetate
	7.08	0.20507	0.05032	4.08	3-Methylbutanal	3-Methylbutanal
	7.34	2.01959	0.35207	5.74	Ethyl alcohol	Ethyl alcohol
	7.92	0.08369	0	新生	2-Ethylfuran	
	8.06	0	0.11557	消失		Ethylpropionate
	10.15	0	0.15711	消失		Ethylbutanoate
	10.61	0	0.06089	消失		Ethyl-2-methylbutanoate
	10.79	0.13035	0.33783	0.39	Camphene	Camphene
	11.47		0.14345	数值無し	Hexanal	Hexanal
	11.61	0	0.13793	消失		2-Methylpropanol
山椒	12.12		0.17367	数值無し	β -Pinene	β -Pinene
	12.77	0	0.28629	消失		3-Methyl-1-butanol, acetate
生姜	13.18	0	0.08562	消失		Ethylpentanoate
	14.12	0.6051	2.47066	0.24	β -Myrcene	β -Myrcene
山椒	15.22	7.14362	27.7113	0.26	D-Limonene	D-Limonene
山椒	15.45	3.3695	12.6219	0.27	β -Phelandrene	β -Phelandrene
生姜	16.16	0.13766	0.6543	0.21	Ethylhexanoate	Ethylhexanoate
	16.48	0	0.31135	消失		γ -Terpinene
	16.68	0	0.16011	消失		3,7-Dimethyl-1,3,7-octatriene
	17.15	0	0.15845	消失		P-Cymene
	17.55	0.1445	0.377	0.38	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-
	18.03	0.03941	0	新生	cis-2-(2-Pentenyl)furan	
	19.28		0.18195	0.00		Hexanol

醤油



糠床と糠炊きの香気成分の分析

GCMS (Gas Chromatography Mass Spectrometry)

左：0-20 分の全成分 右：β-Myrcene, D-limonene, α-Phellandrene を省いた場合

熟成ぬか床の重要香気成分

生産菌

乳酸菌

酵母菌

【乳酸発酵】

【アルコール発酵】

原料

糖質

糖質（グルコース）

生産物

乳酸
酢酸

エタノール

【アミノ酸発酵】 + 酵素反応

原料

グルタミン酸

生産物

多種の低級カルボン酸
(熟成指標：プロピオン酸)
低級アルコール
それらのエステル類

酵素(リポキシゲナーゼ)

酵素反応

原料

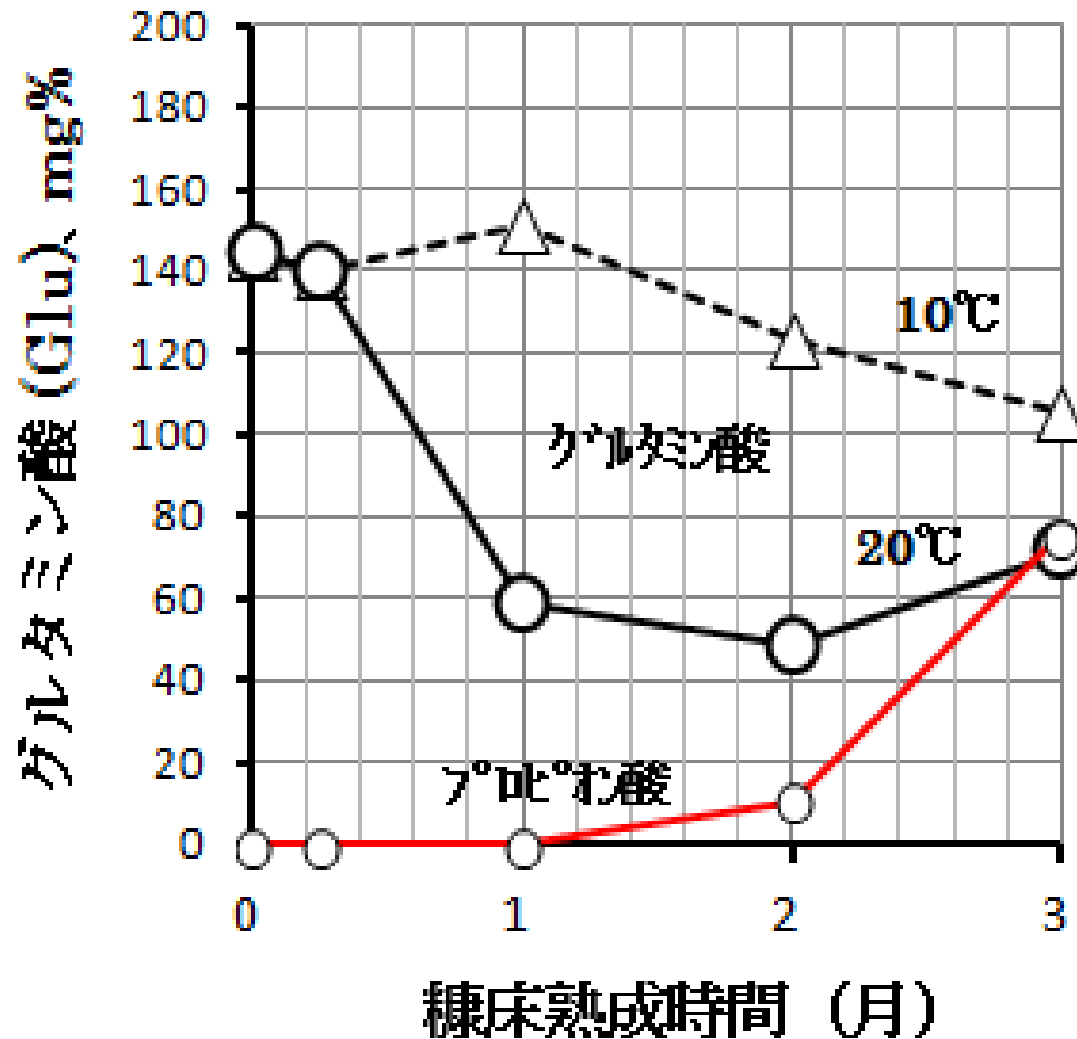
米ぬか油(⇒ オレイン酸、リノール酸)

生産物

ラクトン類
C₉(ノナラクトン)

ぬか床の主要熟成香気成分の 生成由来*

*今井、日本食品低温保蔵学会誌、21(3), 161-178 (1995)



昆布の成分

香の酸

糠床熟成中のプロピオン酸(熟成指標)とグルタミン酸の挙動 (今井先生の論文より)

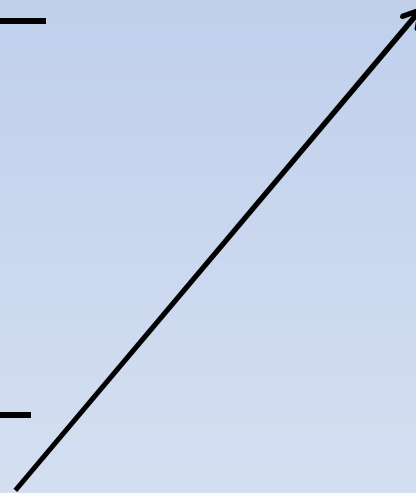
米糠油由来の不飽和脂肪酸からの 熟成香気成分の生成

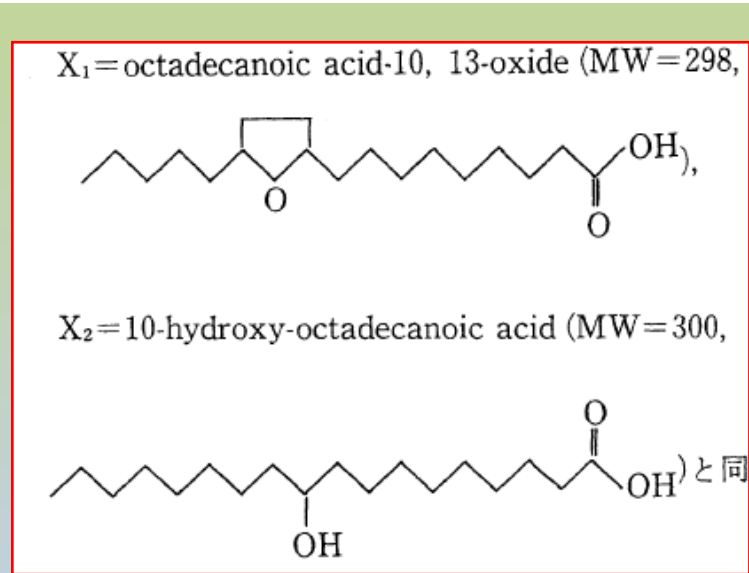
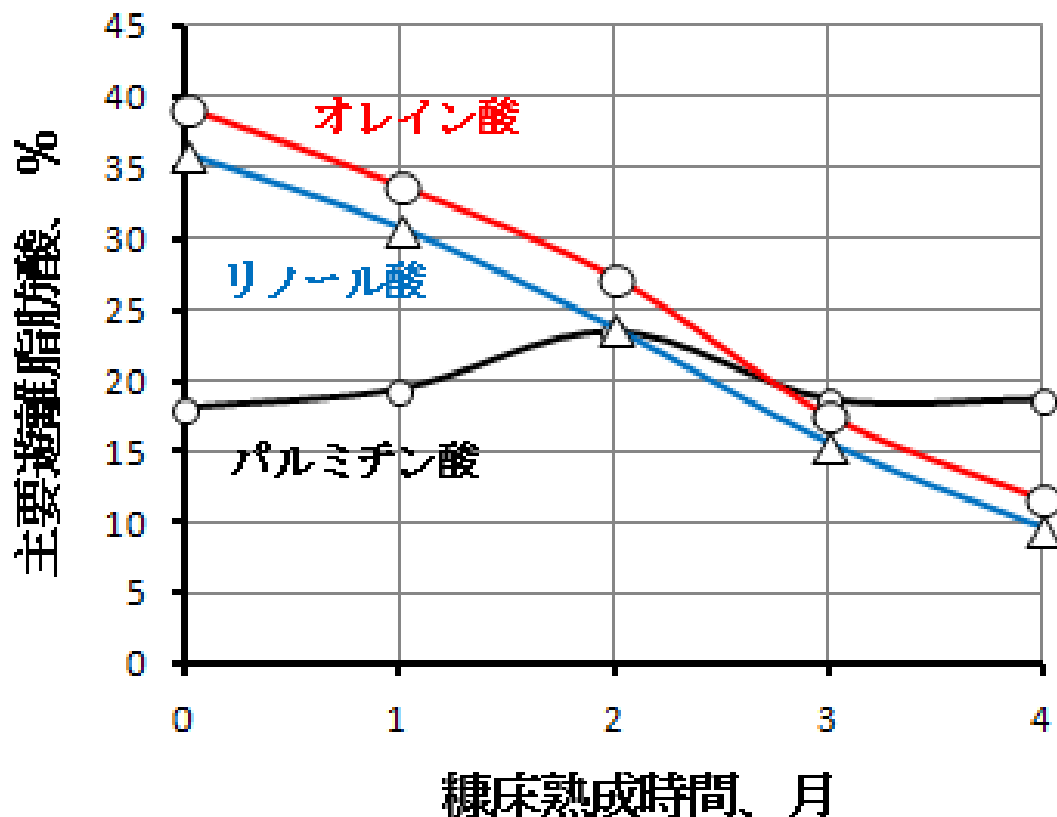
油100g中、

飽和脂肪酸	19.7g
ミリスチン酸	0.7
パルミチン酸	16.9
ステアリン酸	1.6
不飽和脂肪酸	74.1g
オレイン酸	39.1
リノール酸	33.4
リノレン酸	1.6

ラクトン類

(熟成ぬか床の鍵物質)





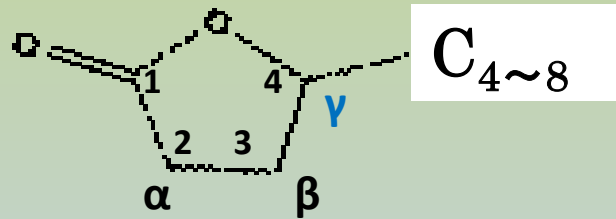
熟成糠床から検出。プロピオン酸と共に糠床熟成の指標物質。熟成香気は脂質の分解、変換と関係。

熟成糠床中の遊離脂肪酸（米糠油由来）の挙動

主要遊離脂肪酸、%

Time, 月	パルミチン酸	オレイン酸	リノール酸
0	18.1	39.2	36.0
1	19.4	33.7	30.8
2	23.5	27.3	23.7
3	18.7	17.6	15.6
4	18.7	11.7	9.6

ラクトンの構造



ガンマ-ラクトン (γ -Lactone)

フルーティーな香

不精香 (不快臭)

C_n

160-年床
今井先生の論文

糠床

糠炊き

C_0
 C_1

C_1

C_4
 C_5^*
 C_6

C_4
 C_5^*

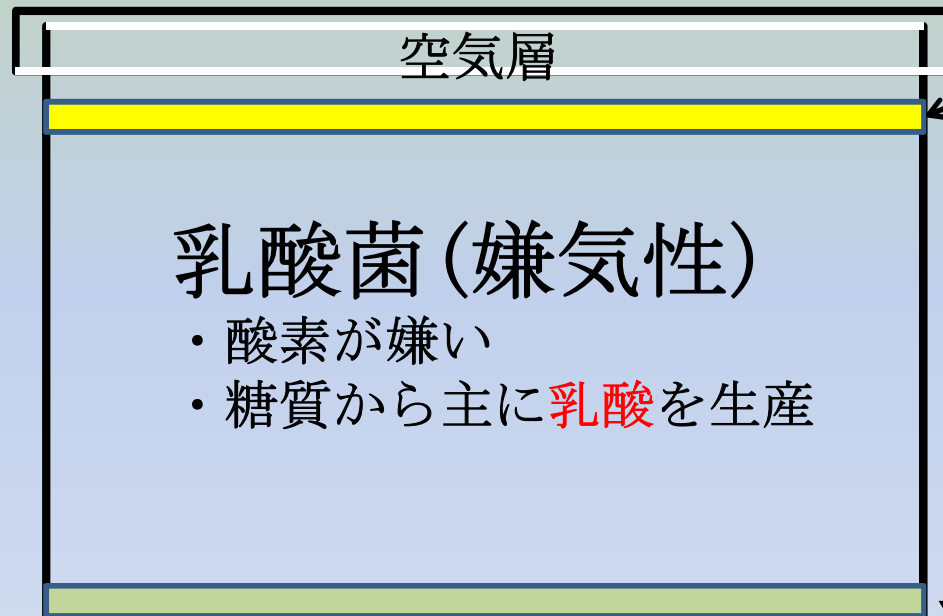
C_5^*
 C_6
 C_7
 C_8

* 今井先生がYさん（小倉出身、当時130年床）の良質の床から検出した主要ラクトンで全ラクトンの88%を占めた。熟成糠床の鍵となる香味物質。

ぬか床を五感で管理

- ①塩分濃度 ベロメーターを鍛える
(参考：海水の塩分 3.5%)
- ③酸味の強さ ベロメーターを鍛える
(参考：MIZKAN酢、酸度4.5%、pH 3.0)
- ③水分濃度 触覚を鍛える 5倍希釈 pH 3.2
(参考：耳たぶ程度の柔らかさ、
握ったら水が滲む柔らかさ)
- ④快い香 嗅覚を鍛える
- ⑤床の外観 白色産膜酵母は床内部へ混ぜ込む
(不精香生成の要因を断つ)
- 野菜からの流出水(追い糠、塩で対応)

ぬか床の3層構造と 混ぜ方のコツ



酵母菌 (好気性)

- ・産膜酵母 (白色) **必要微生物**
- ・酸素を好む
- ・熟成香り成分を生産
- ・グルタミン酸 ⇒ プロピオン酸
- ・シナー臭を生産 (過剰増殖時)
酢酸エチル
(酢酸とエチルアルコールの反応物)

混ぜ方：床上層を中に押し込み
底部を上層に引っ張り
上げる要領

天地返し

酪酸菌 (嫌気性)

- ・酸素が大嫌い
- ・酪酸 (蒸れた靴下臭) 生産

糠床勉強会

糠床に生息の微生物と、その生産物質について学びます。人間にいろいろな人種があるように、乳酸菌と酵母にも。属名、種名、株名で表現します。

人間：アジア人、欧州人、アフリカ人、中南米人等

アジア人：日本人、韓国人、中国人、フィリピン人、マレーシア人、インド人等

糠床の発酵／熟成による物質生産活動を醤油、味噌、日本酒等の発酵食品と比較することにより、より鮮明に、より深く糠床を理解しましょう。糠床に、従来にない新領域が見えてきます。既にその胎動が始まっています。

平成30年3月開講

糠床勉強会（平成30年3月開講）

第1回糠床勉強会（2018.3.4）【糠床の乳酸菌について】

1. 乳酸菌とは

2. 乳酸菌の種類と名称（属名、種名、株名）

3. 文献紹介（九州大学農学部：園元謙二、中山二郎、東海漬物 KK：小野浩の論文）

①九州北部の販売店と家庭の16の糠床に生息の乳酸菌属の分析

“糠床のマイクロフローラと乳酸菌の共生”、坂本直茂、中山二郎、*生物学*、89(8), 482-485 (2011).

②糠床の乳酸菌の種類地域依存性、香辛料添加依存性、熟成期間依存性

博多の糠床専門店、「千束：ちずか」の床（長周期熟成床）の特徴的乳酸菌の紹介

Chizuka-菌：Lactobacillus namurensis Chizuka-01 株

“次世代シーケンサーを用いた発酵食品の菌叢解析 —見えてきた複雑系の深部—”

小野浩、中山二郎、*Japanese Journal of Lactic Acid Bacteria*, 25 (1), 3-12

(2014). [北九州小倉・糠床糠炊き研究会希望者の糠床の乳酸菌分析の検討進行中。](#)

③糠床の乳酸菌の菌叢（きんそう：乳酸菌の種類と存在比）に与える温度と塩分濃度

の影響：小野浩、中山二郎”発酵温度および塩分濃度が糠床菌叢に及ぼす影響 “

*詳細は研究会へお問い合わせ下さい。

第2回糠床勉強会（2018.3.18） 【糠床の酵母と香気成分について】

糠床の酵母とその発酵がもたらす香気成分について学びます。

（参考文献：今井正武、“糠みそ床の香気成分の生成に関する微生物と温度の影響”、日本食品低温保蔵学会誌、21 (3), 161-178 (1995)；今井正武、第2回講演スライド（於北九州市立大学、2015）。

1. 酵母（酵母菌、イースト）とは；
2. 糠床に現れる酵母
3. 非産膜性酵母と産膜性；
4. 乳酸発酵と酵母の発酵
5. 酵母の発酵で生産される香気成分の構造とその名称
カルボン酸、アルコール、エステル、ラクトン（環状エステル）、アルデヒド
6. 糠床の香気成分の分類；
7. 糠床の香気成分の生成機序
8. アミノ酸の分解経路；
9. 糠床の香気成分（故今井正武先生分析の113成分）
10. 酵母菌の発酵がもたらす大吟醸酒のフルーティーな香り
11. 糠床の香気成分と果物の香気成分の比較

* 詳細は研究会へお問い合わせ下さい。