

# 三种方法加工的豆乳的风味特点

吕艳春, 郭顺堂

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

**摘要:**分别从感官和风味成分含量上对中国传统豆乳、热水碾磨豆乳和焙烤豆乳3种不同方法加工的豆乳进行比较。从感官评价上来看,中国传统豆乳不但其豆腥味浓郁而且甜香味、谷物味也很浓郁,热水碾磨豆乳和焙烤豆乳则都较弱。从风味成分含量来看,中国传统豆乳中呈现豆腥味的己醛、正己醇、1-辛烯-3-醇的含量都远远高于热水碾磨豆乳和焙烤豆乳,含量分别是他们的276、76、23、17、4、2倍,而且中国传统豆乳中呈现清香味、甜香味的反-2-辛烯醛,反-2-壬烯醛的含量分别是热水碾磨豆乳和焙烤豆乳的3.7、7.1和5.8、8.3倍。这3种豆乳风味的特点都与脂肪氧化酶活性呈正相关关系。

**关键词:**豆乳;风味;脂肪氧化酶

**中图分类号:**TS214.2      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2010)03-0494-04

## Flavor Characteristic of Soymilk Made by Three Differernt Processing Methods

LV Yan-chun, GUO Shun-tang

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:**The contents and the sensory descriptive of flavor compounds of soymilk produced with traditional technology, hot water grinding, and roast processing were analyzed. As a result, the sensory scores of beany flavors and sweet aromas in traditional soymilk were all higher, however, those were all lower in soymilk made with hot water grinding and roast processing. The contents of beany flavor compounds (hexanal, hexanol and 1-octen-3-ol) in traditional soymilk were 276, 76; 23, 17; 4, 2 times of in hot water grinding soymilk and roasted soymilk, respectively. (E)-2-hexenal and (E)-2-octenal which present sweet aroma in Chinese traditional soymilk were 3.7, 7.1 and 5.8, 8.3 times of in hot water grinding soymilk and roasted soymilk, respectively. In addition, the higher the lipoxygenase activity was, the more total off-flavor and aroma compounds.

**Key words:**Soybean; Tolerance to high planting density; Leaf traits

豆乳是一种受东西方消费者喜爱的植物蛋白饮品,而风味是影响其消费的主要因素,很多研究者对豆乳的风味进行了广泛的研究。豆乳的风味是脂肪氧化酶降解亚油酸、亚麻酸后裂解成醛、酮、酸、醇、酯等小分子物质形成的<sup>[1,2]</sup>。不同的加工工艺如浸泡<sup>[3]</sup>、碾磨<sup>[4,5]</sup>、加热<sup>[6]</sup>等方式影响了脂肪氧化酶的活性,从而对豆乳的风味产生了影响。该研究采用传统方法、热水碾磨方法和焙烤大豆的方法加工豆乳,然后分析了这3种方法加工的豆乳的风味,旨在分析由于加工工艺的不同产生的豆乳风味的差异。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试大豆品种为中黄13。

#### 1.2 豆乳制备方法

1.2.1 中国传统豆乳 豆子用普通水洗3次除去尘土和沙粒,用蒸馏水洗2次,以大豆干重:水(蒸馏水)=1:3的比例在25℃下浸泡12 h,去掉多余的水分,再以大豆干重:水(蒸馏水)=1:7的比例用打浆机打浆,每次打磨30 s,打磨4次,除去泡沫,在铺有脱脂棉的布氏漏斗中抽真空过滤,去掉滤渣后将滤液放到沸腾的水浴中加热,直至豆乳内部温度达到95℃后保持10 min,然后放到冰浴中冷却到室温25℃左右,待用。其固形物含量在8%左右。

1.2.2 热水碾磨豆乳 豆子用普通水洗3次除去尘土和沙粒,用蒸馏水洗2次,以大豆干重:水(蒸馏水)=1:3的比例在25℃下浸泡12 h,去掉多余的水分,用80℃以上的热水以大豆干重:水(蒸馏水)=

收稿日期:2009-00-00

第一作者简介:吕艳春(1972-),女,讲师,在读博士,研究方向为豆乳风味。E-mail:foodscience2008@yahoo.cn。

通讯作者:郭顺堂,教授,博士生导师。E-mail:shuntang@cau.edu.cn。

1:7的比例连续碾磨 3 min,除去泡沫,在铺有脱脂棉的布氏漏斗中抽真空过滤,去掉滤渣后将滤液放到沸腾的水浴中加热,直至豆乳内部温度达到 95℃后保持 10 min,然后放到冰浴中冷却到室温 25℃左右,待用。其固形物含量在 8%左右。

1.2.3 焙烤豆乳制备 豆子用普通水洗 3 次除去尘土和沙粒,用蒸馏水洗 2 次,用滤纸吸干残留水分,在 120℃油浴下焙烤 4 min,然后把焙烤后的大豆磨碎,分别过 40 目、60 目、100 目筛,加入适量蒸馏水,均质,246.1 kg·cm<sup>-2</sup>压力下均质(第一阶段压力),在 35.2 kg·cm<sup>-2</sup>压力下再均质(第二阶段压力),加热使豆乳中心温度达到 95℃后保持 10 min。

1.3 豆乳成分分析方法

1.3.1 气谱-质谱-嗅探分析 GC-O-MS(6890N-5975C, Agilent Technologies Inc),采用吹扫捕集萃取豆乳风味,通过热解析和自动进样器(TDSA2; Gerstel, Germany)与 GC 柱温箱相连,在 GC 上分离用 2 种柱子,DB-WAX 毛细管柱(30 m×0.25 mm i. d., 0.25 μm; J&W Scientific, USA),氦气(99.999% 纯度)作为载气,流速为 1.0 mL·min<sup>-1</sup>。

从吸附柱吸附的风味物质在 230℃热解析,采用 TDSA2 系统,首先用液氮在 -100℃(CIS4 inlet, Gerstel, Germany)浓缩,然后进毛细管柱分析,嗅闻用 ODP2,MS 和 ODP2 的分流比为 1:1,柱箱升温程序为:起始温度均为 50℃,保持 3 min,以 5℃·min<sup>-1</sup>升到 160℃,保持 3 min,然后再以 10℃·min<sup>-1</sup>升到 230℃,保持 10 min。

质谱条件:色谱、质谱的接口温度为 280℃,质谱电子方式为 EI,电子能量 70 ev,离子源温度 230℃,四级杆温度 150℃。溶剂延迟 2 min,谱库 NIST05a. L。质谱质量扫描范围 3 0~400 amu。

1.3.2 顶空固相微萃取(HS-SPME) 每次吸取 5 mL豆乳,加入 0.5 mg NaCl,加入适量 2-甲基-3-庚

酮作内标物,在 50℃下平衡 30 min,插入 CAR\ AB\ PDMS 萃取头萃取 30 min,然后放入 GC 分析。分析条件如 1.3.1。

1.3.3 标准曲线的制作 通过 GC 及 GC-MS 检测出的风味化合物均用真实标准物质己醛、1-辛烯-3-醇、反-2-己烯醛、3-甲基-丁醛、反-2-辛烯醛、正己醇、壬醛、反,反-2,4-癸二烯醛验证,并制作标准曲线。以 2% 浓度的牛奶溶液为模拟豆乳溶液<sup>[6]</sup>,加入标准物质并配置一定浓度梯度的上述真实标准物质溶液,加入适量 2-甲基-3-庚酮作内标物,提取分析条件如 1.3.2 所述。

1.3.4 线性保留指数(Linear retention indices LRI)的计算 采用极性和非极性 2 种柱子测定豆乳中的风味化合物保留时间,用 C<sub>6</sub>~C<sub>22</sub>的系列烷烃在极性和非极性柱子上的保留时间作为参考通过下面的公式计算化合物的 LRI 值,在 2 种柱子计算出的为同一化合物的 LRI 与 [http://www. odour. org. uk/information. html](http://www.odour.org.uk/information.html) 中已有的化合物的 LRI 值比对,吻合后则确定此风味化合物。

$$LRI = 100N + 100n(t_{Ra} - t_{RN}) / (t_{R(N+n)} - t_{RN})$$

N 是与风味化合物相邻的比较小的系列烷烃的 C 原子数,n 是风味化合物插到 2 个系列烷烃中间的 C 原子数的差值,t<sub>Ra</sub>、t<sub>RN</sub>、t<sub>R(N+n)</sub>分别代表风味化合物的保留时间、最小烷烃的保留时间和最大烷烃的保留时间。

1.4 感官评价

制定感官评价表,评价豆乳的风味,豆乳风味描述如表 1,8 位评价员全部经过筛选并有 50 h 的感官评价经验,其中女性 5 位,年龄在 20~27 岁之间,男性 3 位,年龄在 20~26 岁之间,感官评分实行 5 分制原则,0 分:闻不出来味道。5 分:此风味最强。1~4 分,风味逐渐增强。

表 1 豆乳风味描述

Table 1 Soy milk flavor lexicon in descriptive analysis

风味描述 Flavor analysis	定义 Difinition	参考标准 Reference
甜香味 Sweet aroma	煮熟的麦片味 <sup>[7]</sup>	麦片 50 g 加入到 500 mL 水中 <sup>[7]</sup>
谷物味 Cereal flavor	谷物的味道 <sup>[7]</sup>	谷类 50 g 溶于 500 mL 水中 <sup>[7]</sup>
豆香味 Beany aroma	大豆在高温下焙烤一段时间 <sup>[8]</sup>	0.01% 的反,反-2,4-庚二烯醛溶于 TA 中 <sup>[8]</sup>
豆腥味 Beany flavor	生大豆、生红豆 <sup>[8]</sup>	50 g 大豆在 400 mL 水中加热 15 min <sup>[8]</sup>
干草味 Hay flavor	干草的味道 <sup>[8]</sup>	0.01% 的 4,5-二甲基-2-异丁基噻唑 <sup>[8]</sup>
油脂氧化味 Oil oxidation	老化的芸苔油味 <sup>[9]</sup>	芸苔油在 60℃放置 14 天 <sup>[10]</sup>

5 1 : Ò ' ½ t : \_ Ä = u ' " • G - S ç ` 1 ' ½ i a b ' ½ ! q ' c \_ ; 9 ® \_ ' ( 8 \_ ÿ ü Þ } & S ç ` 1 ' ½ i a b ' ½ t ' c \_ ' 9 ® \_ ' ( 8 \_ € z { ÿ ! „ / ! < ' ½ t ' ® \_ ÿ " • G - 5 1 : Ò ' ½ " Ñ ! # & G z S u j a b â Î ¥ J g / < • µ t ¿ © l u ! u ^ G z d Ä v ¾ 5 J g t Æ ê W ž £ â ¬ ª ' ½ ® \_ ( = ) ! „ q ( 8 \_ Þ G { Ø ! 0 0 B ' ¥ } ê t " Ñ ! # & „ S ç ` 1 ' ½ i a b ' ½ t ' c \_ ÿ ¨ ' % ó ! / D ¥ B © g ù Ä È À t Ø ú ' ½ ' c t \ • &

!4\$# \$¿XYMN0¤" O0i w› v L U' M\_

µ n B• Ô¥ý þ' ½: \_ t ¿ © Ô!~ 5 1

: Ò' ½8 â v ¾5!u ^ ú Ö³ v v • µ n B•

Ôt ÿ 0 0 q µ n B• Ôÿ y z S ç ` 1' ½j

a b' ½ÿ © G!O%a 0 Ä t S ç ` 1 â 0 v • µ

n B• Ôt ÿ n ("&'&) ^ %â 0 " • ó ì ' ½t '

c \_ !Ó. / ç ¢!O%a 0 Ä t S ç ` 1 Þ à D" •

v • ‹ µ n B• Ôt ÿ n " Ñ \$#!„ ‡ Ö q 9 ® \_

D" • ó ì " Ñ &#&\$ < ' ½5!a b' ½t ' c \_

8 = Þ Ð } ì ! u ^ a b } & ¾ w t ó ì ‹ µ n B

• Ôt ÿ n " Ñ \$#!- - µ n B• Ôÿ n t ó ì Ò

t 9 ® \_ i ( 8 \_ D ¥ \$ < ' ½5 } ì t " Ñ &#&

µ n B• Ôÿ n ; ' ½t " Ĭ J n 8 = t Ò \_

q t † Ù p æ ^ %4O( & )!Ó. / ç ¢!µ n B• Ôÿ

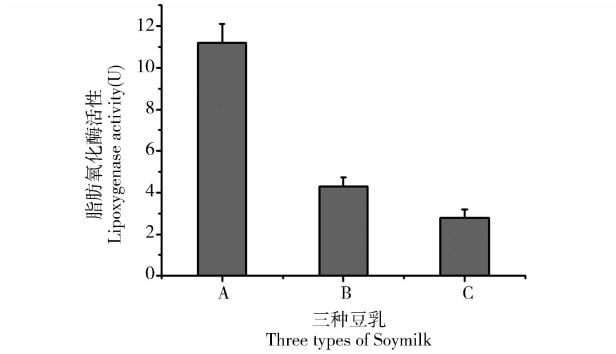
n ; ' c \_ 8 = t : \_ " \_ q ! ì † Ù ! † Ù p æ ^

%4O% Ö µ n B• Ôÿ n ; ® 9 \_ '( 8 \_ µ / 2

4 Û t : \_ " \_ q D ÷ ì † Ù ! † Ù p æ ^ %4O-& u

Ë !µ n B• Ôÿ n t G ì ; ' ½t ' c \_ i ® µ 8

= ÿ ! ì z &



- \$ 5 1 : Ò' ½%+\$ S ç ` 1' ½%/\$ a b' ½&

- \$/ B¥K K C L Q A Z 7 @ G E ? A \$ % \$ P 2 C Z @ B U I U R L A T G E ? A \$ %

/ \$ 8 2 @ C L G E ? A \$ 4

L \$# \$ ¿ X Y M N 0 " O i w › v L U '

A(5? \$# =(\$ " Q 5 4 % \* % ) ( ' 9 " / . " 9 # ( K # % K - 7 9

' B & \* \* - ( / \* & 4 ' \$ & " ; \* .. ( 4 5 # \* B " - .

\$# ] „

\$ < ' ½5 ! 5 1 ¬ : Ò' ½~ a « v ¾ 5 .

a ú Ö ë ú ' c \_ t « • ! „ u ^ q ô ' c \_ ' ' ®

\_ '( 8 \_ ÿ Þ } t , A ! 0 0 à B ‹ 5 1 q t P

w ! ~ 5 1 Ö © ^ t ¿ Á q ž & ã S ç ` 1' ½j

a b' ½- - v • ‹ µ n B• Ô!Ø ÿ ‹ ' c \_ ! "

˘ : \_ T ð ! 0 0 ~ ‹ \ 1 2 z { Á b c &

...† P Q

( & ) # . K 3 2 7 - d ( Ø ¥ T K U J M ^ ! < K A Q ( 4 Ø 3 7 2 G H 2 F K G V U H K H Q Ø

Q 2 7 2 W G E ? A \$ ( 5 ) 4 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L ( F A 7 F K ! & " = ! > & " & # \$ 9 = ' & 4

( ! ) # R @ L 7 K U P < 4 ` 3 Ø 2 U @ L T A Ø U C Ø Ø G W 2 ? 2 A @ Q 2 7 2 W 3 A H L G T E

K 7 j E ? K G ( M ) 4 / B @ H Q A 7 \$ - ? K U F @ ) A / B ? A G G ( 2 F A K E & " O 9 \$

& O ] ! % 4

( \$ ) # - Ø U Ø P Q ( t P , 4 ( 7 E L K U P , 4 Ø V Ø K 7 F K 2 W K B @ 2 3 F G @ A I 2 W

G E T K @ G 2 7 W Ø 2 U @ L 3 A E B K 7 Ø K Ø C A A E 2 W G E ? A \$ ( 5 ) 4 5 2 6 U @

2 W 2 2 L ( F A 7 F K ! & " Ø & ! > ' "> # \$ & ! % & ! % 4

( > ) # X Z 2 i X / ! . A Ø U Ø X 4 8 K A Z \$ , W W F C 2 W B K U ? @ H 2 F K G A I 2 7

G E ? A \$ ( 5 ) 4 Ø Ø U Ø Q 2 7 @ 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L ( F A 7 F K @ L Y K F B 7 2 3 i E

& " 9 ! \$ % " # \$ ! ' \$ ! " 9 4

( 9 ) # M A 6 Ø A Y ! P Ø B A 2 Ø P 4 , W W F C 2 W U R L A T Ø ? H L Ø Ø K 2 7 B E

L 2 H L 2 A K @ L 2 W W Ø 2 U F 2 7 Ø G L 6 U A I G E ? A \$ ? @ 6 W Ø Ø A I

H 2 F K G 5 ) 4 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L 2 W ( F A 7 F K ! % % ! " " # \$ & ! : & & 4

( ' ) # \* 6 @ ( P ! / B Ø I ( X / 4 ( K 3 F Ø L 2 L 2 U F 2 ? H 2 6 7 L G A ? F 2 i K L

G E ? A \$ @ Ø W F Ø L T E G E T K @ ? Ø U Ø G Ø L L A W F C Ø K @ A J K Ø 2 7

( 5 ) 4 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L ( F A 7 F K ! % % ! = ! " = # \$ - Ø > O 4

( = ) # Q j Q 2 ^ 8 ! N Ø Ø K M ! + K 7 A Ø N ! K C Ø 4 Ø Ø Ø ? K 7 Ø Ø @ L Ø 7 Ø Ø Ø

F B Ø Ø Ø A Ø 2 7 2 W Ø C A L 6 F K L 2 L 2 Ø Ø G A ? Ø H Ø Ø Ø H Ø Ø K

G E ? A \$ ( 5 ) 4 5 2 6 U @ 2 W 1 U F 6 Ø Ø Ø Ø L ` 2 2 L / B ? A Ø Ø ! % % ! 9 9

" Ø \$ \$ % & Ø ] \$ % ' 4

( Ø ) # X K Ø Ø 8 ( 5 ) Q Ø 5 5 4 / 6 3 Ø Ø Ø Ø H F A F V Ø Ø Ø 2 7 A Ø K Ø Ø 2 U H 2 W Ø K

2 W G E ? A \$ G 5 ) 4 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L ( F A 7 F K ! % % ! = & " Ø \$ ' 9 = 9 = 4

( " ) # < A K 7 G < ` ! M Ø Ø Ø Q 8 ! P Ø L N + 4 , W W F C 2 W H 2 F K G A I ? K B

2 L 2 7 2 A @ A K 2 W W Ø Ø 2 L 2 W G E T K @ ? A \$ ( 5 ) 4 ` 2 2 L Y K F B 7 2 3 i E

& " = ! ! & \$ & % % & \$ \$ 4

( & % ) # X 2 6 i @ X N ! X 3 A ? + ^ ! Ø K K ( \* 4 N K K Ø 2 H A T @ 3 A F 2 7 W Ø L Ø Ø Ø H

Ø A K @ Ø Ø Ø G 2 W G E ? A \$ Q 5 ) 4 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L ( F A 7 F K ! % % ! ' "

" = # \$ ( ! 9 ) : ( ! ' \$ 4

( & & ) # Q A \* k ! / B 7 k ! Q 6 m P ! K C Ø 4 Ø Ø Ø A Ø 2 7 2 W G E T K @ 3 A E

I K 7 Ø K A ? G E ? A \$ T E H 3 Ø L K 3 F Ø F W K L G 5 ) 4 ` 2 2 L / B ? A Ø Ø Ø

! % Ø Ø & % " ! # \$ - Ø ] > & 4

( & ) # - 3 Ø 2 Ø - F B 2 6 U A 5 2 F K Ø Ø K + 2 Ø K \* 2 6 7 K G ; @ Ø Ø A ( 2 E T K @ V Ø A

K E @ L Ø 2 Ø Ø K W W F C 2 7 G E ? A W Ø 2 6 U @ L [ 6 Ø Ø ( 5 ) 4 Ø Ø Ø U @

Q 2 7 @ 5 2 6 U @ 2 W 2 2 L ( F A 7 F K @ L Y K F B 7 2 3 i E ! % Ø > \$ " & # \$ Ø

] " % 4

( & \$ ) # X Ø Ø P ! N 2 A \* ! Y Ø Ø Ø Ø Y ! K C Ø 4 / B Ø I K G A ? V 2 3 Ø Ø Ø W Ø 2 6 U F 2 ? H 2

7 K 7 G 2 W G E T K @ Ø L 6 U A I 2 Ø Ø Ø A I ( 5 ) 4 ` 2 2 L / B ? A Ø Ø Ø & " Ø & ! =

" ! # \$ Q - : " > 4

( & > ) # ? 6 Ø Ø \* ! Y Ø Ø Ø B A P 4 , W W F C 2 W Ø 2 C Z Ø Ø Ø Ø Ø Ø 7 C 2 7 W Ø 2 U 2 W

G E ? A \$ ( 5 ) 4 . A H 2 7 ( B Ø 6 B A ? X 2 i E 2 R Ø i Ø Ø A & " " % \$ = " > # \$

! = Ø ! Ø % 4