

京西稻米中脂肪酸构成与评价

周香玉^{1*}, 赵榕¹, 赵海燕¹, 郑禾², 徐凯³, 李兵¹

(1. 北京市疾病预防控制中心, 北京市预防医学研究中心, 北京 100013; 2. 北京海淀区农业科学研究所, 北京 100080; 3. 北京市房山区种植业技术推广站, 北京 102488)

摘要: **目的** 评定京西稻米中脂肪酸的构成, 丰富北京市特色食物成分数据库。**方法** 依据 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》中的气相色谱法测定 20 批次北京市不同区域京西稻米中脂肪酸的含量, 并评定其脂肪酸的构成。**结果** 京西稻米中脂肪酸种类多达 14 种, 总脂肪酸含量为 0.514~1.327 g/100 g。其中饱和脂肪酸 9 种, 以棕榈酸为主; 单不饱和脂肪酸 3 种, 以油酸为主; 多不饱和脂肪酸 2 种, 以亚油酸为主。另有少量 ω -3 系多不饱和脂肪酸 α -亚麻酸, 它们均在人体内不能合成, 为人体必需脂肪酸。**结论** 京西稻米中脂肪酸含量丰富, 富含多不饱和脂肪酸, 因而米饭富有油性, 香味独特。

关键词: 脂肪酸; 京西稻米; 气相色谱法

Composition and evaluation of fatty acids in Jingxi rice

ZHOU Xiang-Yu^{1*}, ZHAO Rong¹, ZHAO Hai-Yan¹, ZHENG He², XU Kai³, LI Bing¹

(1. Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing Research Center for Preventive Medical, Beijing 100013, China; 2. Agricultural Science Research Institute of Beijing Haidian District, Beijing 100080, China; 3. Planting Technology Promotion Station of Beijing Fangshan District, Beijing 102488, China)

ABSTRACT: Objective To assess the composition of fatty acids in Jingxi rice and enrich the database of ingredients of featured food in Beijing. **Methods** According to GB 5009.168—2016 *National food safety standard-Determination of fatty acids in food*, the content of fatty acids in 20 batches of Jingxi rice in different regions of Beijing was determined by gas chromatography, and the compositions of fatty acids were evaluated. **Results** There were as many as 14 kinds of fatty acids in Jingxi rice, and the contents of total fatty acids were 0.514–1.327 g/100 g. Among these, there were 9 kinds of saturated fatty acids, mainly palmitic acid, 3 kinds of mono-unsaturated fatty acid, mainly oleic acid, and 2 kinds of poly-unsaturated fatty acids, mainly linoleic acid. There was also a small amount of omega-3 poly-unsaturated fatty acid (α -linolenic acid), which could not be synthesized in the human body and was essential fatty acids. **Conclusion** The content of fatty acids in Jingxi rice is plentiful, especially in poly-unsaturated fatty acids, so the rice is oily and its fragrance is unique.

KEY WORDS: fatty acid; Jingxi rice; gas chromatography

0 引言

随着社会经济的不断发展和生活水平的不断提高, 我国居民膳食消费结构和营养状况发生了很大变化。2016 年

中国居民膳食指南核心推荐第一条为“食物多样、谷类为主”^[1], 同时, 1982—2012 年中国居民营养与健康状况监测调查结果显示, 谷类食物是我国居民主要的膳食能量来源, 在谷类食物中, 大米、面粉消费量最高, 占 90%以上^[2]。大

*通信作者: 周香玉, 高级工程师, 主要研究方向为营养与食品安全。E-mail: zhouxiangyu001@sina.com

*Corresponding author: ZHOU Xiang-Yu, Senior Engineer, Beijing Center for Disease Prevention and Control, Beijing Research Center for Preventive Medical, No.16, Hepingli Middle Street, Dongcheng District, Beijing 100013, China. E-mail: zhouxiangyu001@sina.com

米按照国家标准 GB/T 1354—2018《大米》中的分类方法,按原料稻谷类型分为籼米、粳米、籼糯米、粳糯米4类,不同品种及种植区域的大米在营养品质与口感等方面均有很大差异。

我国水稻耕作区域辽阔,种植历史悠久,稻种资源极为丰富。随着社会生活水平不断提高,香味浓郁、口感好且富有高营养价值的优良品种日益受到人们的青睐。谷类中淀粉含量约占70%~80%,蛋白质含量约为8%~12%,脂肪含量约占2%,且大部分为不饱和脂肪酸^[1,3-4],对维持正常的身体健康和防止一些慢性疾病有许多积极作用^[5-10]。

京西稻作为北京地区特有的水稻品种具有悠久的皇家文化历史,先后被评为农业非物质文化遗产、农产品地理标志产品。目前对京西稻脂肪酸构成与评价相关研究较少,为了保护京西稻历史文化资源,发掘稻米中的功能成分,提高稻米的附加值,本研究对京西稻中的营养成分进行分析,评定其脂肪酸的构成,为其开发利用提供科学依据,并对北京市特色食物成分数据库的丰富与完善提供支持。

1 材料与amp;方法

1.1 材料的采集与制备

在海淀区、房山区京西稻耕作区块采用随机采样的原则,涵盖各个种植区块,每个区块采集3个样品,每个样品量约5 kg,混合均匀后,采用四分法缩分至约1 kg备测,依此方法采集有房山区8件样品、海淀区12件样品,共计20件京西稻样品。样品用四分法缩分至所需量,IKA粉碎研磨机磨碎均质,待测。

1.2 仪器设备

Agilent 6890N 气相色谱仪、SP2560 色谱柱(100 m×0.25 mm, 0.20 μm)(美国安捷伦公司); ML/G3 旋转蒸发仪(德国 Heidolph 公司); A11 粉碎研磨机(德国 IKA 公司); IS-RSDA 恒温振荡器(美国精骐仪器公司); ME104E 万分之一电子天平(瑞士梅特勒-托利多公司)。

1.3 试剂与标准物质

乙醚(色谱纯,美国 Tedia 公司); 石油醚(色谱纯,美国 J.T.BAKER 公司); 甲醇、正庚烷(色谱纯,中国 Dikma 公司); 盐酸、乙醇(95%)、氢氧化钠、氯化钠、无水硫酸钠(优级纯,国药集团化学试剂公司); 13%~15%的三氟化硼甲醇溶液、十一碳酸甘油三酯(纯度≥98%)、各脂肪酸甲酯标准品(纯度≥99.0%)(美国 Sigma 公司); 37种脂肪酸甲酯混合标准物质(CRM47885,各单组分纯度范围为86.6%~100%,美国 Supelco 公司); 实验用水为 Milli-Q 超纯水。

1.4 色谱条件

SP-2560 色谱柱(100 m×0.25 mm, 0.20 μm); 柱温: 100 °C (保持5 min),以4 °C/min 升温速率,升至240 °C (保

持15 min); 进样口温度: 220 °C; 检测器温度: 260 °C; 进样体积: 1 μL,分流比: 30:1,载气: 氦气,柱流速 1.2 mL/min。

1.5 检测方法

采用 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》第一法(内标法)中的水解提取-气相色谱法测定各京西稻米样品中脂肪酸的含量。

2 结果与分析

不同生产区域的京西稻米样品脂肪酸测定结果如表1~4所示。实验结果表明,京西稻米中脂肪酸含量丰富,富含多种不饱和脂肪酸及少量人体必需脂肪酸,且多不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸的比值平均达42.6%。

2.1 房山产区京西稻米中脂肪酸构成

房山产区京西稻米中脂肪酸测定结果见表1。实验结果表明,房山产区京西稻米中脂肪酸种类多达14种,其中饱和脂肪酸9种、单不饱和脂肪酸3种、多不饱和脂肪酸2种。总脂肪酸含量为0.514~0.858 g/100 g,饱和脂肪酸含量为0.162~0.237 g/100 g,单不饱和脂肪酸含量为0.114~0.263 g/100 g,多不饱和脂肪酸含量为0.238~0.374 g/100 g。各脂肪酸组分中,棕榈酸、油酸、亚油酸含量较高,饱和脂肪酸以棕榈酸为主,单不饱和脂肪酸以油酸为主,多不饱和脂肪酸以亚油酸为主,并含有少量人体必需脂肪酸—α-亚麻酸。

2.2 海淀产区京西稻米中脂肪酸构成

海淀产区京西稻米中脂肪酸测定结果见表2。测定结果表明海淀产区京西稻米中脂肪酸种类有14种,其中饱和脂肪酸9种、单不饱和脂肪酸3种、多不饱和脂肪酸2种。总脂肪酸含量为0.759~1.327 g/100 g,饱和脂肪酸含量为0.202~0.343 g/100 g,单不饱和脂肪酸含量为0.204~0.393 g/100 g,多不饱和脂肪酸含量为0.352~0.591 g/100 g。各脂肪酸组分中,饱和脂肪酸以棕榈酸为主,单不饱和脂肪酸以油酸为主,多不饱和脂肪酸中亚油酸含量最高,并含有少量人体必需的脂肪酸—α-亚麻酸。

2.3 京西稻米中脂肪酸构成分析与比较

京西稻米中脂肪酸测定结果汇总情况见表3。房山产区京西稻米中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸及总脂肪酸含量均值分别为0.189、0.200、0.275、0.665 g/100 g,稻米中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸在总脂肪酸中的占比依次为26.6%~31.9%、22.2%~36.3%、37.0%~46.4%,比例均值分别为28.7%、29.6%、41.6%。海淀产区京西稻米中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸及总脂肪酸含量均值分别为0.263、0.286、0.418、0.967 g/100 g,稻米中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸在总脂肪酸中的占比依次为25.8%~29.1%、26.9%~31.0%、39.8%~46.4%,比例均值分别

为 27.3%、29.5%、43.2%。实验结果表明, 海淀产区京西稻米中总脂肪酸、饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸等各类脂肪酸含量都高于房山产区。从各类脂肪酸在总

脂肪酸中占比来看, 海淀产区稻米中多不饱和脂肪酸在总脂肪酸中的比例高于房山产区, 单不饱和脂肪酸的比例两产区基本一致, 房山产区稻米中饱和脂肪酸的比例略高。

表 1 房山产区京西稻米样品测定结果($n=3, \bar{x}\pm s, g/100 g$)
Table 1 Determination results of Jingxi rice samples from Fangshan producing area ($n=3, \bar{x}\pm s, g/100 g$)

产地 组分	十渡镇 1	十渡镇 2	大石窝镇 1	大石窝镇 2	大石窝镇 3	大石窝镇 4	长沟镇 1	长沟镇 2
C8:0	0.0056±0.0002	0.0038±0.0001	0.0029±0.0001	0.0045±0.0001	0.0037±0.0001	0.0053±0.0002	0.0036±0.0001	0.0036±0.0001
C14:0	0.0076±0.0003	0.0062±0.0002	0.0049±0.0002	0.0051±0.0002	0.0054±0.0002	0.0100±0.0004	0.0074±0.0003	0.0104±0.0004
C16:0	0.1382±0.0035	0.1596±0.0040	0.1378±0.0034	0.1396±0.0035	0.1990±0.0050	0.1587±0.0040	0.1660±0.0042	0.1545±0.0039
C17:0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
C18:0	0.0139±0.0005	0.0144±0.0005	0.0112±0.0004	0.0121±0.0004	0.0196±0.0007	0.0171±0.0006	0.0147±0.0005	0.0163±0.0006
C20:0	0.0036±0.0001	0.0033±0.0001	0.0023±0.0001	0.0026±0.0001	0.0050±0.0002	0.0043±0.0002	0.0032±0.0001	0.0044±0.0002
C21:0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
C22:0	Tr	0.0009±0.0001	0.0008±0.0001	0.0012±0.0001	0.0015±0.0001	0.0012±0.0001	Tr	0.0012±0.0001
C24:0	0.0016±0.0001	0.0018±0.0001	0.0016±0.0001	0.0017±0.0001	0.0025±0.0001	0.0022±0.0001	0.0021±0.0001	0.0024±0.0001
ΣSFA	0.171±0.006	0.190±0.007	0.162±0.006	0.167±0.006	0.237±0.008	0.199±0.007	0.197±0.007	0.193±0.007
C16:1	0.0017±0.0001	0.0012±0.0001	0.0009±0.0001	0.0011±0.0001	0.0011±0.0001	0.0013±0.0001	0.0016±0.0001	0.0014±0.0001
C18:1n9c	0.2270±0.0048	0.1739±0.0037	0.1115±0.0023	0.1166±0.0024	0.2434±0.0051	0.2561±0.0054	0.1858±0.0039	0.2581±0.0054
C20:1	0.0032±0.0001	0.0025±0.0001	0.0016±0.0001	0.0014±0.0001	0.0030±0.0001	0.0032±0.0001	0.0026±0.0001	0.0033±0.0001
ΣMUFA	0.232±0.008	0.178±0.006	0.114±0.004	0.119±0.004	0.247±0.009	0.261±0.009	0.190±0.007	0.263±0.009
C18:2n6c	0.2269±0.0045	0.2613±0.0052	0.2281±0.0046	0.2259±0.0045	0.3577±0.0072	0.2709±0.0054	0.2771±0.0055	0.2554±0.0051
C18:3n3	0.0107±0.0004	0.0116±0.0005	0.0104±0.0004	0.0105±0.0004	0.0160±0.0007	0.0126±0.0005	0.0119±0.0005	0.0122±0.0005
ΣPUFA	0.238±0.008	0.273±0.010	0.238±0.008	0.236±0.008	0.374±0.013	0.283±0.010	0.289±0.010	0.268±0.009
ΣFA	0.640±0.022	0.640±0.022	0.514±0.018	0.522±0.018	0.858±0.030	0.743±0.026	0.676±0.024	0.723±0.025

注: 表中ΣSFA: total saturated fatty acids (SFA, 饱和脂肪酸); ΣMUFA: total mono-unsaturated fatty acids (MUFA, 单不饱和脂肪酸); ΣPUFA: total poly-unsaturated fatty acids (PUFA, 多不饱和脂肪酸); ΣFA: total fatty acids (FA, 总脂肪酸); Tr 表示未检出, 以下同。

表 2 海淀产区京西稻米样品测定结果($n=3, \bar{x}\pm s, g/100 g$)
Table 2 Determination results of Jingxi rice samples from Haidian producing area ($n=3, \bar{x}\pm s, g/100 g$)

产地 组分	昌宁滴灌 1	昌宁滴灌 2	基地 1	基地 2	基地 3	昌宁水田
C8:0	0.0038±0.0002	0.0038±0.0002	0.0025±0.0001	0.0031±0.0002	0.0046±0.0002	0.0035±0.0002
C14:0	0.0065±0.0003	0.0063±0.0003	0.0067±0.0003	0.0062±0.0003	0.0067±0.0003	0.0068±0.0003
C16:0	0.2212±0.0055	0.2161±0.0054	0.1679±0.0042	0.2166±0.0054	0.2875±0.0072	0.2357±0.0059
C17:0	0.0018±0.0001	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
C18:0	0.0217±0.0008	0.0232±0.0008	0.0177±0.0006	0.0217±0.0008	0.0295±0.0010	0.0242±0.0008
C20:0	0.0056±0.0003	0.0060±0.0003	0.0042±0.0002	0.0055±0.0003	0.0073±0.0004	0.0063±0.0003
C21:0	Tr	Tr	Tr	Tr	0.0014±0.0001	Tr
C22:0	0.0019±0.0001	0.0019±0.0001	0.0012±0.0001	0.0017±0.0001	0.0022±0.0001	0.0018±0.0001
C24:0	0.0029±0.0001	0.0029±0.0001	0.0022±0.0001	0.0027±0.0001	0.0035±0.0001	0.0031±0.0001
ΣSFA	0.265±0.009	0.260±0.009	0.202±0.007	0.258±0.009	0.343±0.012	0.281±0.010
C16:1	0.0024±0.0001	0.0012±0.0001	0.0010±0.0001	0.0014±0.0001	0.0018±0.0001	0.0013±0.0001
C18:1n9c	0.2766±0.0066	0.2803±0.0067	0.2009±0.0048	0.2932±0.0070	0.3860±0.0093	0.2950±0.0071
C20:1	0.0035±0.0002	0.0035±0.0002	0.0025±0.0001	0.0037±0.0002	0.0047±0.0002	0.0037±0.0002
ΣMUFA	0.283±0.010	0.285±0.010	0.204±0.007	0.298±0.010	0.393±0.014	0.300±0.011
C18:2n6c	0.3981±0.0092	0.4048±0.0093	0.3399±0.0078	0.4089±0.0094	0.5706±0.0131	0.4301±0.0099
C18:3n3	0.01831±0.0005	0.0176±0.0005	0.0121±0.0004	0.0147±0.0004	0.0209±0.0006	0.0193±0.0006
ΣPUFA	0.416±0.015	0.422±0.015	0.352±0.012	0.424±0.015	0.591±0.021	0.449±0.016
ΣFA	0.964±0.034	0.968±0.034	0.759±0.027	0.979±0.034	1.327±0.046	1.031±0.036

表 2(续) 海淀产区京西稻米样品测定结果($n=3$, $\bar{x}\pm s$, g/100 g)
Table 2 Determination results of Jingxi rice samples from Haidian producing area($n=3$, $\bar{x}\pm s$, g/100 g)

产地 组分	上庄 1	上庄 2	玉泉山	玉泉山 (有机肥)	双塔(水田、有机肥)	双塔 (旱田)
C8:0	0.0028±0.0001	0.0027±0.0001	0.0036±0.0002	0.0038±0.0002	0.0045±0.0002	0.0039±0.0002
C14:0	0.0061±0.0003	0.0064±0.0003	0.0101±0.0005	0.0071±0.0004	0.0069±0.0003	0.0079±0.0004
C16:0	0.1829±0.0046	0.2161±0.0054	0.1732±0.0043	0.2377±0.0059	0.2514±0.0063	0.2222±0.0056
C17:0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
C18:0	0.0180±0.0006	0.0239±0.0008	0.0255±0.0009	0.0261±0.0009	0.0262±0.0009	0.0209±0.0007
C20:0	0.0044±0.0003	0.0063±0.0003	0.0051±0.0003	0.0063±0.0003	0.0068±0.0003	0.0052±0.0003
C21:0	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
C22:0	0.0014±0.0001	0.0020±0.0001	0.0015±0.0001	0.0019±0.0001	0.0021±0.0001	0.0016±0.0001
C24:0	0.0023±0.0001	0.0028±0.0001	0.0025±0.0001	0.0031±0.0001	0.0031±0.0001	0.0025±0.0001
ΣSFA	0.218±0.008	0.260 ±0.009	0.222±0.008	0.286±0.010	0.301±0.011	0.264±0.009
C16:1	0.0011±0.0001	0.0013±0.0001	0.0011±0.0001	0.0020±0.0001	0.0035±0.0002	0.0025±0.0001
C18:1n9c	0.2324±0.0056	0.2957±0.0071	0.2323±0.0056	0.2991±0.0072	0.3271±0.0079	0.2466±0.0059
C20:1	0.0030±0.0002	0.0037±0.0002	0.0023±0.0001	0.0035±0.0002	0.0040±0.0002	0.0031±0.0002
ΣMUFA	0.236±0.008	0.301 ±0.011	0.236±0.008	0.305±0.011	0.335±0.012	0.252±0.009
C18:2n6c	0.33441±0.0077	0.39281±0.0090	0.29121±0.0067	0.40871±0.0094	0.44531±0.0102	0.39621±0.0091
C18:3n3	0.0124±0.0004	0.0171±0.0005	0.0118±0.0004	0.0182±0.0005	0.0194±0.0006	0.0191±0.0006
ΣPUFA	0.347±0.012	0.410±0.014	0.303 ±0.011	0.427±0.015	0.465±0.016	0.415±0.015
ΣFA	0.801±0.028	0.971±0.034	0.760 ±0.027	1.018±0.036	1.100±0.039	0.932±0.033

总体看来,京西稻米中总脂肪酸含量平均值为 0.846 g/100 g。其中饱和脂肪酸含量平均值为 0.234 g/100 g, 占总脂肪酸含量比值为 25.8%~31.9%, 平均比值为 27.9%, 以棕榈酸为主; 单不饱和脂肪酸含量平均值为 0.251 g/100 g, 占总脂肪酸含量比值为 22.2%~36.3%, 平均比值为 29.5%, 以油酸为主; 多不饱和脂肪酸含量平均值为 0.361 g/100 g, 占总脂肪酸含量比值为 37.0%~46.4%, 平均比值为 42.6%, 以亚油酸为主, 另有少量 α -亚麻酸, 其为 ω -3 系多不饱和脂肪酸, 为人体必需脂肪酸。

2.4 京西稻米与其他稻米脂肪酸含量对比

京西稻米与中国食物成分表(第 6 版)^[11]中稻米脂肪酸含量对照如表 4 所示。结果表明,京西稻米总脂肪酸含量与《中国食物成分表》(第 6 版)^[11]稻米(代表值)相当, 远远大于籼米(标准); 饱和脂肪酸含量与稻米(代表值)相当, 高于籼米(标准); 单不饱和脂肪酸含量、多不饱和脂肪酸含量均高于稻米(代表值)与籼米(标准)。京西稻米饱和脂肪酸占总脂肪酸的比值为 27.9%, 远低于稻米(代表值), 略高于籼米(标准); 单不饱和脂肪酸的占比为 29.5%, 低于稻米(代

表值)与籼米(标准); 多不饱和脂肪酸的占比为 42.6%, 大于稻米(代表值)与籼米(标准)。

3 结论与讨论

海淀产区京西稻米样品中总脂肪酸、不饱和脂肪酸含量普遍高于房山产区, 多不饱和脂肪酸含量更高, 平均含量高出 0.143 g/100 g, 因此营养成分更高, 稻米品质更优^[3-4]。或许与两区域的自然环境条件有关。

从脂肪酸的构成来看,京西稻米中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸占总脂肪酸的比率均低于《中国食物成分表》(第 6 版)^[11]稻米(代表值), 多不饱和脂肪酸占总脂肪酸的比率为 42.6%, 高于中国食物成分表中各稻米的比值。多不饱和脂肪酸具有突出的生理功能, 是细胞和细胞膜的主要成分, 具有降低血清中胆固醇和甘油三酯的作用, 可以降低心脑血管疾病的发生几率^[12-14]; 此外, 多不饱和脂肪酸还有增强免疫力、具有抗炎、抗肿瘤和保护视力的功效^[15-18]。因此,京西稻米的脂肪酸构成优于其他普通稻米。

表 3 京西稻米样品脂肪酸含量测定结果汇总表($n=3, \bar{x} \pm s$)
Table 3 Summary of fatty acids determination results of Jingxi rice ($n=3, \bar{x} \pm s$)

样品 编号	产地	饱和脂肪酸 (g/100 g)	单不饱和脂肪 酸(g/100 g)	多不饱和脂肪 酸(g/100 g)	总脂肪 (g/100 g)	饱和脂肪酸 /总脂肪%	单不饱和脂肪 酸/总脂肪%	多不饱和脂肪 酸/总脂肪%
01	房山十渡镇 1	0.171±0.006	0.232±0.008	0.238±0.008	0.640±0.022	26.6	36.2	37.1
02	房山十渡镇 2	0.190±0.007	0.178±0.006	0.273±0.010	0.640±0.022	29.7	27.7	42.6
03	房山大石窝镇 1	0.162±0.006	0.114±0.004	0.238±0.008	0.514±0.018	31.4	22.2	46.4
04	房山大石窝镇 2	0.167±0.006	0.118±0.004	0.236±0.008	0.522±0.018	31.9	22.6	45.3
05	房山大石窝镇 3	0.237±0.008	0.247±0.009	0.374±0.013	0.858±0.030	27.6	28.8	43.6
06	房山大石窝镇 4	0.199±0.007	0.261±0.009	0.283±0.010	0.743±0.026	26.8	35.1	38.2
07	房山长沟镇 1	0.197±0.007	0.190±0.007	0.289±0.010	0.676±0.024	29.1	28.1	42.8
08	房山长沟镇 2	0.193±0.007	0.263±0.009	0.268±0.009	0.723±0.025	26.7	36.3	37.0
09	海淀昌平滴灌 1	0.265±0.009	0.283±0.010	0.416±0.015	0.964±0.034	27.5	29.3	43.2
10	海淀昌平滴灌 2	0.260±0.009	0.285±0.010	0.422±0.015	0.968±0.034	26.9	29.5	43.7
11	海淀基地 1	0.202±0.007	0.204±0.007	0.352±0.012	0.759±0.027	26.7	26.9	46.4
12	海淀基地 2	0.258±0.009	0.298±0.010	0.424±0.015	0.979±0.034	26.3	30.5	43.2
13	海淀基地 3	0.343±0.012	0.393±0.014	0.591±0.021	1.327±0.046	25.8	29.6	44.6
14	海淀昌平水田	0.281±0.010	0.300±0.011	0.449±0.016	1.031±0.036	27.3	29.1	43.6
15	海淀上庄 1	0.218±0.008	0.236±0.008	0.347±0.012	0.801±0.028	27.2	29.5	43.3
16	海淀上庄 2	0.260±0.009	0.301±0.011	0.410±0.014	0.971±0.034	26.8	31.0	42.2
17	海淀玉泉山	0.222±0.008	0.236±0.008	0.303±0.011	0.760±0.027	29.1	31.0	39.8
18	海淀玉泉山 (有机肥)	0.286±0.010	0.305±0.011	0.427±0.015	1.018±0.036	28.1	29.9	41.9
19	双塔(水田、有机肥)	0.301±0.011	0.335±0.012	0.465±0.016	1.100±0.039	27.4	30.4	42.2
20	双塔(旱田)	0.264±0.009	0.252±0.009	0.415±0.015	0.932±0.033	28.4	27.1	44.6
房山均值	房山	0.189	0.200	0.275	0.665	28.7	29.6	41.6
海淀均值	海淀	0.263	0.286	0.418	0.967	27.3	29.5	43.2
总体均值		0.234	0.251	0.361	0.846	27.9	29.5	42.6

表4 京西稻与中国食物成分表(第6版)中稻米脂肪酸含量对照表
 Table 4 Comparison table of fatty acids content in rice between Jingxi rice and China food composition (6th edition)

食物编码	食物名称	饱和脂肪酸含量 (g/100g)	单不饱和脂肪酸含量 (g/100 g)	多不饱和脂肪酸含量 (g/100 g)	总脂肪酸 (g/100 g)	饱和脂肪酸 /总脂肪酸 %	单不饱和脂肪酸 /总脂肪酸 %	多不饱和脂肪酸 /总脂肪酸 %
	京西稻米均值	0.2	0.3	0.4	0.9	27.9	29.5	42.6
012001X	稻米(代表值)	0.3	0.2	0.3	0.9	35.1	39.4	33.1
12202	籼米(标准)[粳米]	0.1	0.2	0.2	0.5	26.2	39.4	33.1
12214	粳米	0.3	0.2	0.4	0.9	36.2	22.6	39.6

稻米中脂肪提供人体必须的能量、脂肪酸和脂溶性维生素,赋予稻米特有的风味,对稻米食味品质有重要的影响,高含量多不饱和脂肪酸(poly-unsaturated fatty acids, PUFA)能显著增加香味^[3,19-20]。京西稻米中多不饱和脂肪酸含量高,可能是京西稻米口感更好的原因之一。

参考文献

- [1] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2016)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
Chinese Nutrition Society. The Chinese dietary guidelines (2016) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.
- [2] 赵丽云, 何宇纳. 中国居民营养与健康状况监测报告之一: 2010—2013 膳食与营养摄入状况[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
ZHAO LY, HE YN. Monitoring report on nutrition and health status of Chinese residents: Dietary and nutrient intake in 2010—2013 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018.
- [3] 梁学芬, 伍时照. 稻米营养与品质遗传改良[M]. 广州: 广东科技出版社, 2000.
LIANG XF, WU SZ. Genetic improvement of rice nutrition and quality [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2000.
- [4] 黎杰强, 朱碧岩, 陈敏清. 特种稻米营养分析[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2005, (1): 95-98.
LI JQ, ZHU BY, CHEN MQ. Nutrient analysis of special rice [J]. J South China Norm Univ (Nat Sci Ed), 2005, (1): 95-98.
- [5] 靳革, 李娟, 齐悦, 等. 多不饱和脂肪酸的来源及生理功能研究[J]. 动物营养, 2018, (4): 23-25.
JIN G, LI J, QI Y, *et al.* Study of the source of physiological function of polyunsaturated fatty acids [J]. Anim Nutr, 2018, (4): 23-25.
- [6] 韩宏毅, 王剑. 多不饱和脂肪酸及其生理功能[J]. 中国临床研究, 2010, 23(6): 523-525.
HAN HY, WANG J. Polyunsaturated fatty acids and their physiological functions [J]. Chin J Clin Res, 2010, 23(6): 523-525.
- [7] 王雪青, 苗惠, 胡萍. 膳食中多不饱和脂肪酸营养与生理功能的研究进展[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 337-339.
WANG XQ, MIAO H, HU P. Research progress of nutrition and biological functions of PUFA [J]. Food Sci, 2004, 25(11): 337-339.
- [8] LAURITZEN L, HANSEN HS, JORGENSEN MH, *et al.* The essentiality of long-chain n-3 fatty acids in relation to development and function of the brain and retina [J]. Prog Lipid Res, 2001, 40(1-2): 1-94.
- [9] DEMAISON L, MOREAU D. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease-related mortality: A possible mechanism of action [J]. Cell Mol Life Sci, 2002, 59(3): 463-477.
- [10] XIAO YL, LI PL, CHENG YN, *et al.* Effect of α -linolenic acid-modified low molecular weight chondroitin sulfate on atherosclerosis in apoE-deficient mice [J]. Biochim Biophys Acta General Sub, 2016, (11): 2589-2597.
- [11] 杨月欣. 中国食物成分表 标准版 第6版 第1册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2018.
YANG YX. China food composition tables-Standard edition-6th edition-Volume 1 [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2018.
- [12] MASON JK, THOMPSON LU. Flaxseed and its lignin and oil components: Can they play a role in reducing the risk of and improving the treatment of breast cancer? [J]. Appl Physiol Nutr Metabol, 2014, 39(6): 663-678.
- [13] CHENG PF, WANG JX, SHAO WH, *et al.* Monounsaturated fatty acid intake and stroke risk: A meta-analysis of prospective cohort studies [J]. J Stroke Cerebrovasc, 2016, 25(6): 1326-1334.
- [14] GUISEPPE G, AGNIESZKA M, STEFANO M, *et al.* Dietary n-3 PUFA, fish consumption and depression: A systematic review and meta-analysis of observational studies [J]. J Affect Disorder, 2016, 205: 269-281.
- [15] DROUIN G, CATHELINE D, GUILLOCHEAU E, *et al.* Comparative Effects of dietary n-3 docosapentaenoic acid (DPA), DHA and EPA on plasma lipid parameters, oxidative status and fatty acid tissue composition [J]. J Nutr Biochem, 2019, 63: 186-196.
- [16] METHEREL AH, BAZINET RP. Updates to the n-3 polyunsaturated fatty acid biosynthesis pathway: DHA synthesis rates, tetracosahexaenoic acid and (minimal) retroconversion [J]. Prog Lipid Res, 2019, 76: 1-10.
- [17] BAGGELAAR MP, MACCARRONE M, MARIO VDS. 2-arachidonoylglycerol: A signaling lipid with manifold actions in the brain [J]. Prog Lipid Res, 2018, 71: 1-17.
- [18] METHEREL AH, LACOMBE RJS, CHOUINARD-WATKINS R, *et al.* Docosahexaenoic acid is both a product of and a precursor to tetracosahexaenoic acid in the rat [J]. J Lipid Res, 2019, 60(2): 412-420.
- [19] 程国霞, 聂晓玲, 郭蓉, 等. 陕西汉中 3 种特种稻米营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2016, 38(1): 99-101.
CHENG GX, NIEXL, GUO R, *et al.* Analysis of nutritional compositions of three kinds of particular rice in Hanzhong, Shaanxi [J]. Acta Nutr Sin, 2016, 38(1): 99-101.
- [20] 刘慧慧, 迟长凤, 李海峰. 舟山附近小黄鱼主要营养成分分析[J]. 营养学报, 2013, 35: 604-606.
LIU HH, CHI CF, LI HF. Analysis of nutritional compositions of *Pseudosciaena polyacti* in Zhoushan [J]. Acta Nutr Sin, 2013, 35: 604-606.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



周香玉, 高级工程师, 主要研究方向为营养与食品安全。

E-mail: zhouxiangyu001@sina.com