



中国农业科学院农产品加工研究所
Institute of Food Science and Technology CAAS



农业废弃物高值化利用的可行性、研发 进展及前景展望

孙红男

中国农业科学院农产品加工研究所

2020年7月16日

<http://noaw2020.eu/>



*This project has received funding from the European Union's Horizon 2020
research and innovation programme under grant agreement No 688338*

内容

01

研究背景

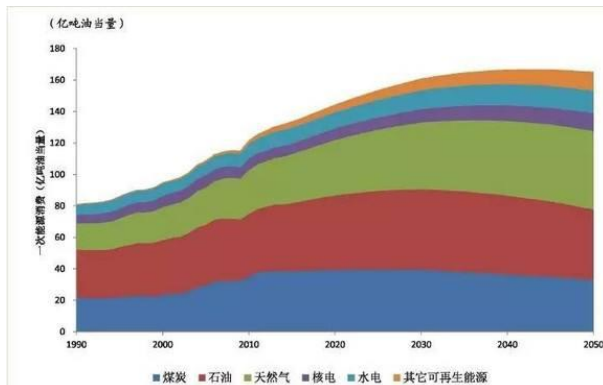
02

研发进展

03

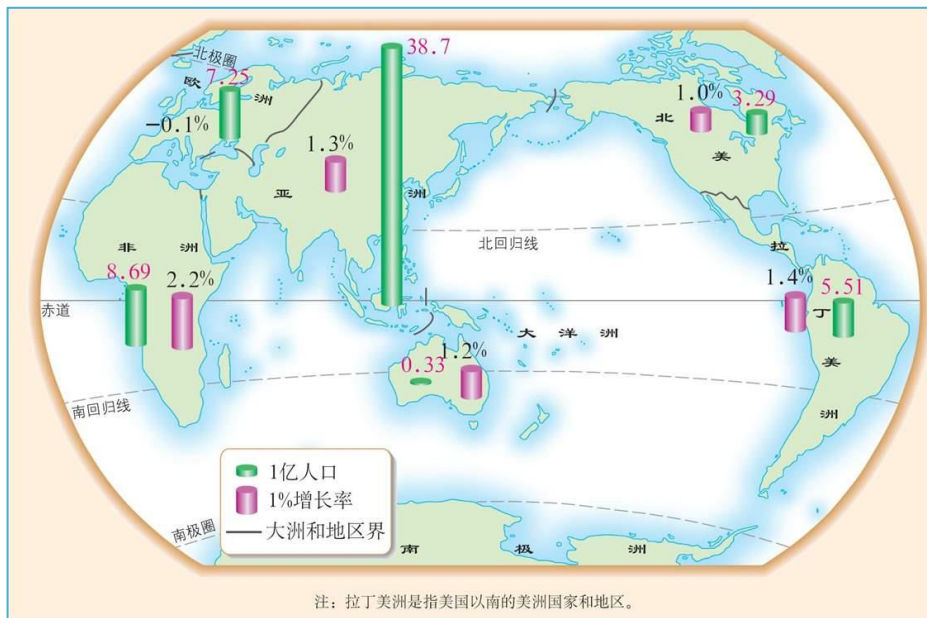
下一步研发计划

研究背景



粮食生产和供应消耗了全球能源总量的大约**30%**。

- 预计到2050年世界人口将达**90亿以上**，这将导致对粮食生产需求的急剧增加，不可避免地导致**农业废弃物比例的增加**。
- 带来的不良**经济和环境负担**日趋严重。



农业废弃物占农作物采后鲜重的**50%左右**，具有**9000万吨油当量**的潜力，远远超过任何其他类型的废弃物。

➤ 初级生产过程中的损失

- ✓ 农作物采收；
- ✓ 挤奶；
- ✓ 牲畜养殖。
- 农作物副产物/例子
- ✓ 麦秸；
- ✓ 甜菜叶；
- ✓ 甘薯地上部分；
- ✓ 玉米芯；
- ✓ 干草等。
- 葡萄加工副产物、酒厂残渣
- ✓ 葡萄枝；
- ✓ 葡萄皮渣。
- 畜牧业：
- ✓ 肥料；
- ✓ 骨头残渣等。

农业废弃物/残渣可转化为一系列具有生态效益和价值的产品：

- 生物能源；
- 生物肥料；
- 生物包装材料；
- 食品功能因子。



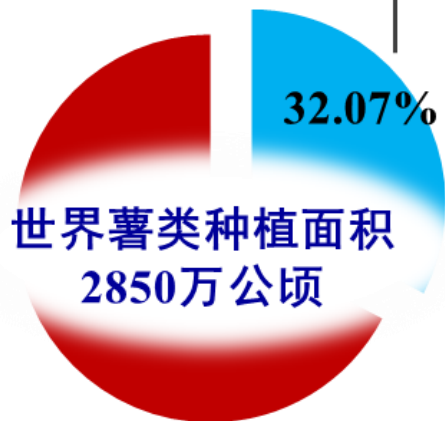
将农业废弃物转化
为生态和经济资产!



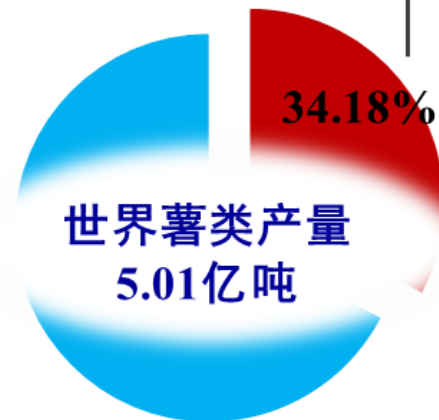
- 进一步提高资源利用效率；
- 减少生产中的资源浪费和环境污染；
- 促进循环经济发展。

以我国薯类资源为例

中国薯类种植面积第一



中国薯类产量第一



(数据来源：FAOSTAT, 2020)

马铃薯和甘薯是我国主要的薯类作物，种植面积和产量居世界首位。



淀粉



粉条



粉丝



每生产**1吨**淀粉产生约**10-20吨**废液和**6.5-7.5吨**鲜薯渣。

- 大部分废液被直接排放；
- 约**20%**薯渣被用作廉价动物饲料；
- 约**80%**薯渣被随意抛弃。



环境污染

薯类淀粉加工废液的营养组成

- 已有研究表明，薯类淀粉加工废液干物质含量为2%–5%，其中1/3为蛋白。
- 薯类蛋白具有较高的营养价值，可作为食品添加剂成分进行开发利用。

4种不同来源蛋白的氨基酸组成 (mg/g 蛋白)

必需氨基酸	甘薯蛋白	马铃薯蛋白	大豆分离蛋白	乳清分离蛋白	非必需氨基酸	甘薯蛋白	马铃薯蛋白	大豆分离蛋白	乳清分离蛋白
Ile	48.52	41.31	44.24	54.44	Asp	162.65	93.41	114.34	113.01
Met	21.27	25.39	11.83	21.86	Ser	64.25	44.59	53.50	39.37
Val	72.79	48.30	47.46	51.46	Glu	87.46	105.60	196.66	171.80
Leu	68.59	82.01	80.00	128.82	Pro	30.25	44.11	30.10	30.03
Trp	16.77		17.75	14.75	Gly	45.38	37.01	40.64	16.77
Phe	71.29	51.29	52.99	35.02	Ala	46.88	45.69	40.13	50.62
Thr	61.26	47.70	38.07	48.07	Cys	14.68	27.91	8.87	26.74
Lys	41.34	63.61	60.19	103.25	Tyr	52.72	39.79	37.56	36.08
total	401.83	359.61	352.53	457.67	His	34.45	18.00	42.96	31.62
					Arg	59.46	41.29	82.70	26.32
					total	598.18	497.40	647.46	542.36
EAA/(EAA+NEAA)	40.18%	41.96%	35.25%	45.77%					
EAA/NEAA	67.18%	72.30%	54.45%	84.39%					

FAO/WHO (1991) 标准: $EAA/(EAA+NEAA) > 40\%$; $EAA/NEAA > 60\%$.

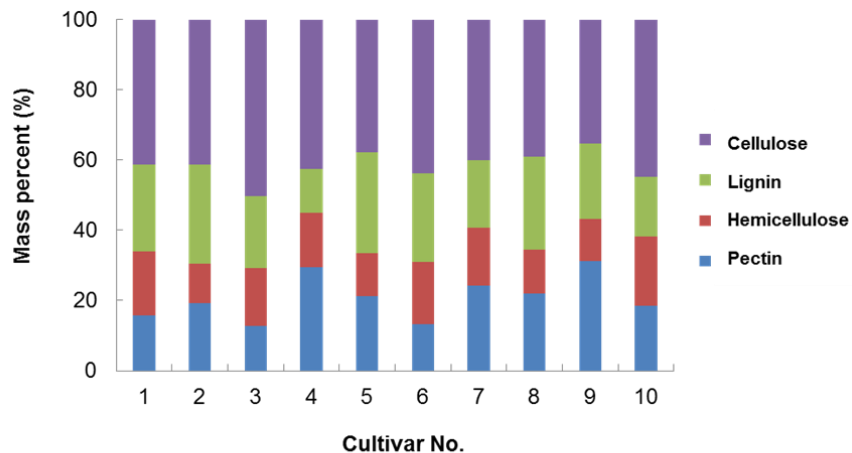
薯渣的营养组成

- 薯渣富含淀粉及膳食纤维。
- 10个甘薯品种膳食纤维中纤维素、木质素、半纤维素和果胶的平均含量分别为41.59%、22.42%、15.22%、20.77%。

薯渣的基本组成 (g/100g, DW)

	马铃薯渣	甘薯渣
淀粉	55.16	50.99
灰分	1.34	1.75
蛋白	2.89	2.60
脂肪	0.31	0.31
总膳食纤维	22.62	24.99
不可溶膳食纤维	16.83	17.56
可溶膳食纤维	5.79	7.43

*数据为10个马铃薯品种和10个甘薯品种的平均值。



10个甘薯品种膳食纤维的组成

1-Beijing553; 2-Jishu21; 3-Jishu7-1; 4-Jishu82; 5-Jishu98; 6-Jishu99; 7-Lvya18; 8-Victory; 9-Xinong431; 10-Xu55-2

甘薯茎叶的营养组成

甘薯茎叶是甘薯的地上部分，一年中可多次采收，产量远远高于其他叶类蔬菜。

甘薯茎叶富含营养与功能成分，但 95%–98% 被直接抛弃，而剩下的2%–5% 被用作廉价动物饲料，造成了巨大的资源浪费。



甘薯不同部位的基本组成（%， DW）

部位	蛋白	脂肪	灰分	TDF	IDF	SDF
叶	3.80	0.33	1.88	5.94	5.06	0.88
柄	0.50	0.10	1.65	2.43	2.19	0.24
茎	0.85	0.53	1.30	10.40	9.72	0.66
块根	2.13	0.20	1.43	3.41	2.62	0.79

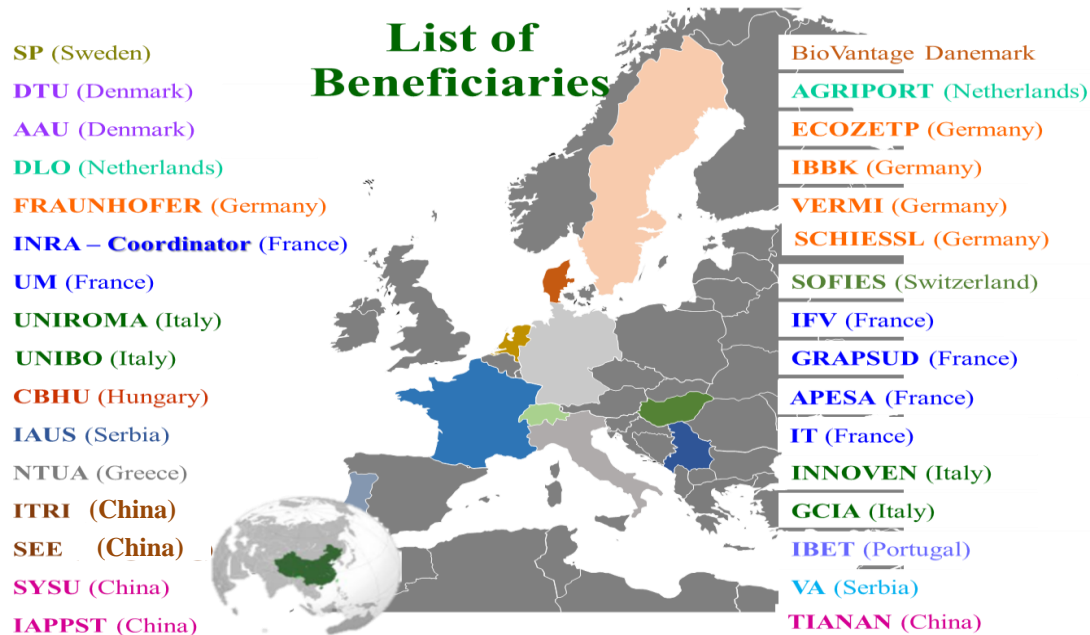
TDF: 总膳食纤维;

IDF: 不可溶膳食纤维;

SDF: 可溶膳食纤维.

数据来源: Ishida et al., Food Chemistry, 2000.

2016年4月，木老师团队与欧盟第七框架内研究执行机构，如**法国、意大利、德国**等32个国家和地区的高校、科研院所和企业共同申报了“**欧盟地平线2020—No Agricultural Waste (NoAW)**”项目并已获批立项，于2016年10月1日正式启动。



项目启动会

Grant Agreement number: 688338 — NoAW — H2020-WASTE-2014-2015:H2020-WASTE-2015-two-stage
 ■ Associated with document Ref. Ares(2016)1818561 - 18/04/2016

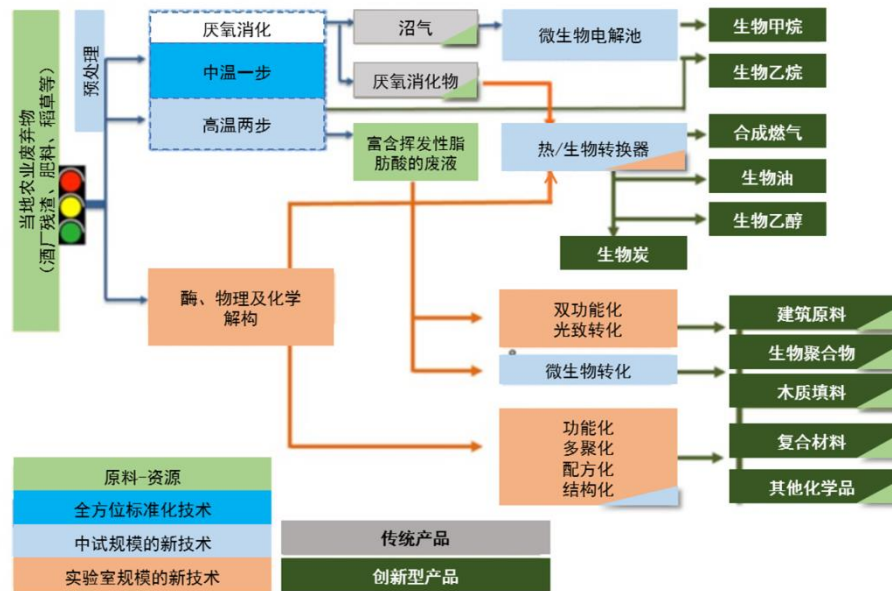
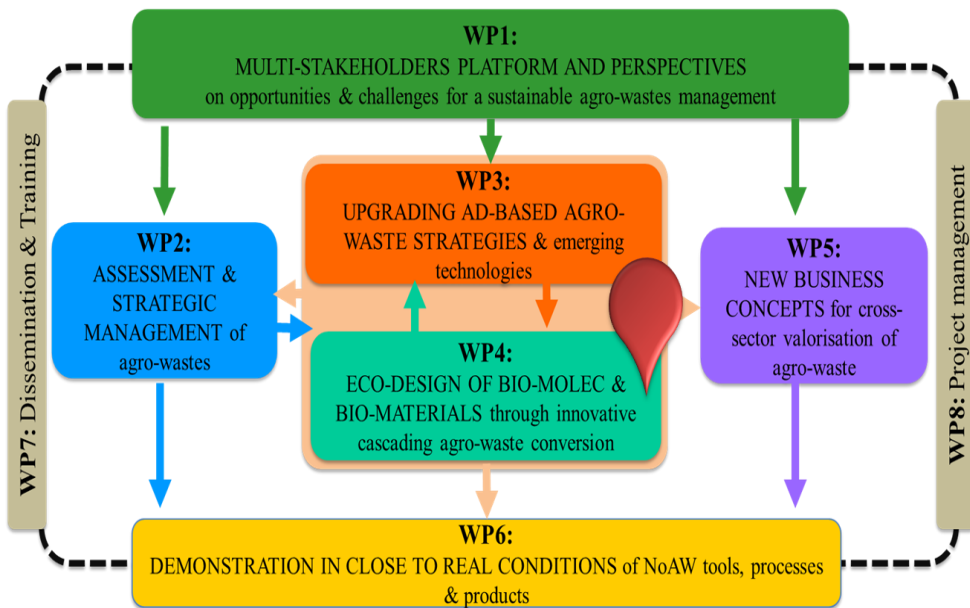
EUROPEAN COMMISSION
 Research Executive Agency (REA)
 Director

GRANT AGREEMENT

NUMBER — 688338 — NoAW

NoAW合作伙伴:16 家学术机构、16家私营企业或协会。

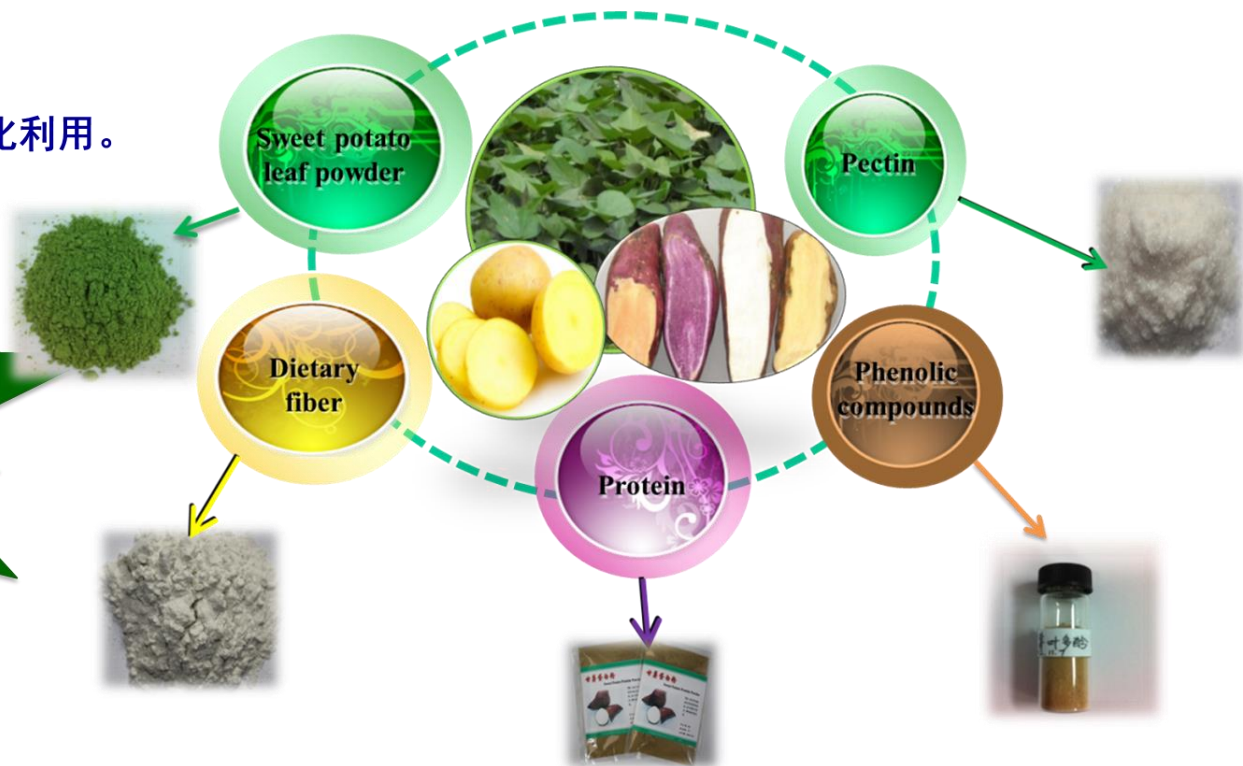
NoAW项目的**主要研究目标**包括：1) 开发基于循环农业废弃物管理策略的创新生态设计和评估工具，并解决相关的对话、知识和数据的差距；2) 通过更新最广泛的成熟技术和具有生态设计创新性的产品，**提高农业废弃物资源利用率**；3) 确保和加速基于土地和季节性的农业废弃物跨链增值平台的开发。



2017年10月，通过与法国农业科学院合作，成功申报并立项国家重点研发计划-政府间国际科技创新合作重点专项：薯类淀粉加工副产物的综合利用项目。

目标

- 丰富薯类加工产品种类；
- 实现薯类加工副产物高值化利用。

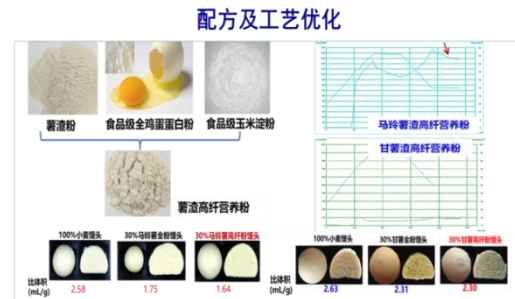
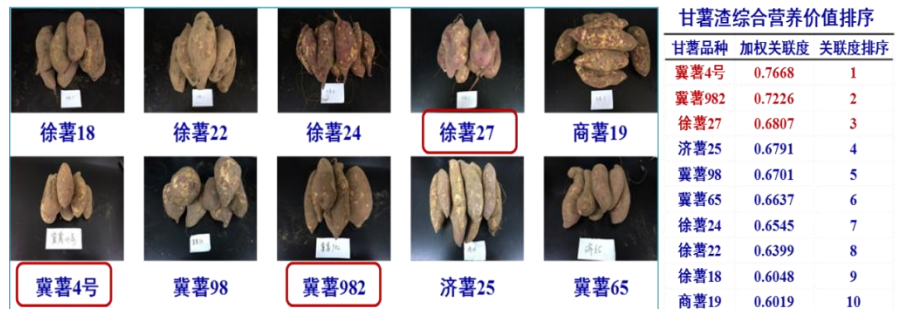


研发进展



1. 薯渣的利用

1.1 创建了微波真空干燥结合营养复配生产薯类高纤营养粉新技术



薯渣高纤营养粉中试及产业化生产



国家发明专利：一种高纤维低糖薯类营养复配粉及其制备方法（201710249585.4）；Ju D, Mu T H, Sung H N. Journal of Integrative Agriculture, 2017

薯渣高纤营养粉营养成分 (g/100g DW)

样品名称	淀粉	灰分	粗蛋白	脂肪	总糖	总膳食纤维	不可溶膳食纤维	可溶膳食纤维
市售甘薯全粉	54.22±3.22	2.38±0.12	5.57±0.02	0.43±0.00	20.18±0.03	5.07±0.88	4.64±0.20	0.47±0.01
甘薯渣高纤营养粉	62.30±0.21	1.95±0.02	5.47±0.01	0.46±0.11	5.23±0.02	13.92±0.41	9.27±1.01	4.65±0.21
市售马铃薯全粉	71.90±1.09	2.56±0.13	9.11±0.02	1.05±0.02	12.31±0.31	5.59±0.71	5.01±0.06	0.48±0.07
马铃薯渣高纤营养粉	71.20±1.01	1.34±0.01	5.29±0.01	0.41±0.02	2.21±0.17	13.08±0.05	10.47±1.11	2.62±0.13

1吨薯渣高纤营养粉成本核算表
(元)

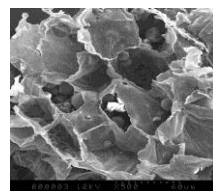
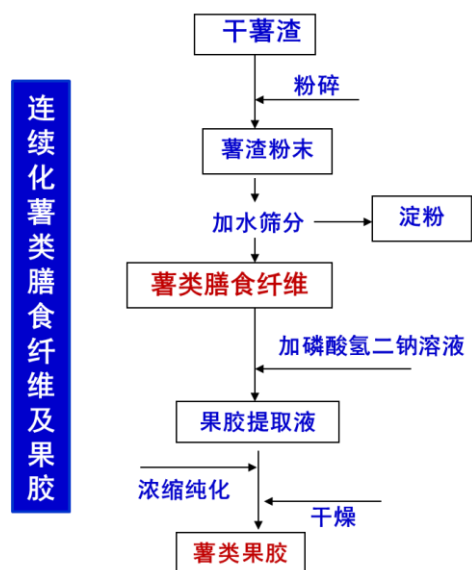
成分	成本	用量 (吨)	合计
薯渣/吨	3000	0.64	1920
玉米淀粉/吨	2500	0.32	800
鸡蛋蛋白/吨	50000	0.04	2000
合计	4720		

注：1吨干薯渣的成本按能耗1500元，人工1000元，设备折旧500元计算，合计3000元。

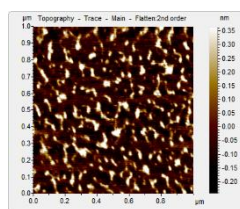
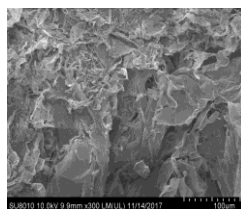


薯类高纤营养粉不仅适合薯类馒头、面条等主食生产，还适合糕点、复合型薯片等休闲食品的生产。

1.2 研发了“物理筛分结合磷酸氢二钠”从淀粉加工废渣中制备薯类膳食纤维和果胶的关键技术，实现了膳食纤维和果胶的连续化生产



薯类膳食纤维产品及其表观结构图



薯类果胶产品及其表观、微观结构图

- 薯类膳食纤维纯度：**>85%**，呈多孔状蜂窝结构；
- 薯类果胶纯度：**>90%**；呈短链状致密结构。

国家发明专利：一种提取膳食纤维的方法（ZL201310183303.7）；一种从甘薯渣中提取果胶的新方法（ZL200810016671.9）

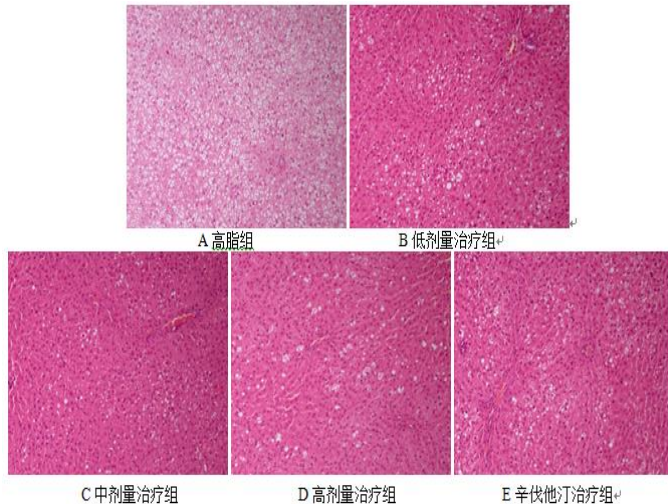
论文：Jinshu Yang, Taihua Mu, Mengmei Ma. Food Chemistry, 2018, 244: 197-205.

成果鉴定：甘薯淀粉加工废渣中膳食纤维果胶提取工艺及功能特性的研究（农科果鉴字[2010]第28号，鉴定水平：国际先进）

甘薯渣及甘薯膳食纤维的组成 (% DW)

样品	果胶	半纤维素	木质素	纤维素
甘薯渣	25.02 ± 1.92 ^a	14.04 ± 2.01 ^a	23.65 ± 0.89 ^a	37.29 ± 2.72 ^b
甘薯膳食纤维	23.12 ± 2.18 ^b	12.78 ± 1.20 ^b	24.01 ± 1.14 ^a	40.08 ± 3.25 ^a

同一列中不同字母代表数据之间存在显著性差异($p < 0.05$)。

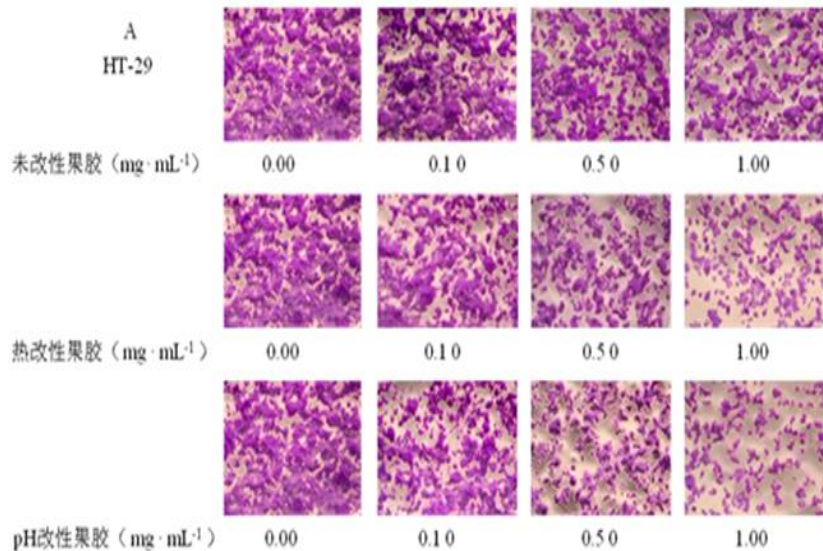


不同剂量甘薯膳食纤维对糖尿病大鼠血糖和血脂的影响

指标	A	B	C	D	E
	正常组	高脂对照组	低剂量预防组	中剂量预防组	高剂量预防组
血糖(mmol/L)	9.23 ± 0.32 ^d	10.27 ± 0.49 ^a	9.80 ± 0.37 ^b	9.53 ± 0.86 ^c	9.27 ± 0.44 ^d
TG(mg/mL)	53.53 ± 1.07 ^d	89.25 ± 2.14 ^a	84.42 ± 2.12 ^b	80.47 ± 1.68 ^c	80.63 ± 2.02 ^c
TC(mg/mL)	74.18 ± 1.42 ^d	122.29 ± 2.06 ^a	123.07 ± 1.26 ^a	114.86 ± 1.48 ^b	95.73 ± 0.98 ^c
HDL(mg/mL)	55.62 ± 1.06 ^a	47.47 ± 0.79 ^e	50.03 ± 0.98 ^d	52.70 ± 1.18 ^c	54.03 ± 0.84 ^b

不同剂量甘薯膳食纤维对糖尿病大鼠脂肪肝的影响

薯类膳食纤维的主要构成成分为**纤维素**和**果胶**，可降低糖尿病大鼠**血糖**和**血脂**水平，抑制**脂肪肝**的形成。



原果胶及改性果胶对结肠癌细胞HT-29抑制活性的影响

不同来源果胶甲酯化度和乙酰化度

	甲酯化度 (%)	乙酰化度 (%)
马铃薯果胶	32.58±0.84	17.84±0.38
甘薯果胶	28.26±0.45	—
柑橘果胶*	71.5-72.1	1.4-1.6
苹果果胶*	74.3	5

甘薯、马铃薯果胶的构成成分

成分	马铃薯果胶	甘薯果胶
半乳糖醛酸	41.78±0.42	72.94±0.25
半乳糖	49.38±0.27	9.48±0.13
鼠李糖	3.80±0.079	7.38±0.08
阿拉伯糖	2.05±0.01	1.23±0.06
葡萄糖	2.60±0.09	1.47±0.03
葡萄糖醛酸	0.07±0.04	3.76±0.07
木糖	0.26±0.015	3.74±0.05
甘露糖	0.06±0.00	—

- 薯类果胶为低甲氧基果胶，半乳糖醛酸和半乳糖为主要构成成分；
- 薯类果胶可有效抑制结肠癌细胞HT-29的增殖，且热改性和pH改性果胶的抑癌效果优于原果胶。

2. 甘薯茎叶的利用

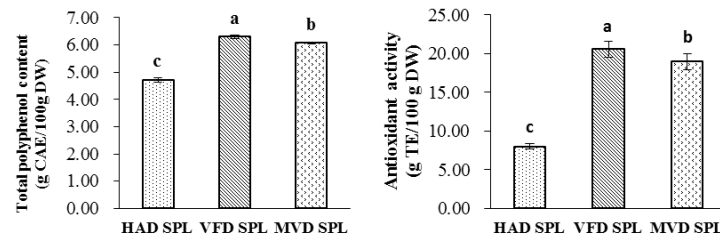
2.1 甘薯茎叶青汁粉生产新技术

- 探索了不同干燥方式对甘薯茎叶粉营养与功能成分的影响，研发了“微波真空干燥结合超微粉碎”制备甘薯茎叶青汁粉关键技术

不同干燥方式对甘薯茎叶粉营养组成的影响

		样品		
		热风干燥	真空冷冻干燥	微波真空干燥
基本成分(g/100g DW)	水分	3.69±0.07 ^c	6.47±0.30 ^a	4.45±0.08 ^b
	灰分	10.97±1.97 ^a	9.87±0.18 ^b	12.56±0.11 ^a
	蛋白	27.70±0.11 ^a	27.40±0.13 ^a	25.40±0.63 ^b
	粗纤维	8.30±0.08 ^c	8.80±0.36 ^b	9.60±1.12 ^a
	碳水化合物	50.38±0.38 ^a	50.73±0.67 ^a	50.32±0.59 ^a
	脂肪	2.65±0.39 ^b	3.20±0.48 ^a	2.12±0.65 ^c
	能量*	1169.00±0.42 ^a	1156.00±1.81 ^b	1053.00±0.74 ^c
膳食纤维(g/100g DW)	总膳食纤维	34.70±0.11 ^c	37.90±0.29 ^a	36.10±0.63 ^b
	可溶性膳食纤维	4.30±0.34 ^a	4.30±0.43 ^a	3.80±0.24 ^b
	不可溶膳食纤维	30.40±0.42 ^c	33.60±0.11 ^a	32.30±0.09 ^b
维生素 (mg/100g DW)	维生素C	25.20±0.89 ^c	92.50±1.33 ^a	59.50±0.78 ^b
	维生素E	0.34±0.71 ^c	6.42±1.23 ^a	3.12±0.87 ^b
	β-胡萝卜素	34.80±0.93 ^a	25.70±0.33 ^b	21.50±0.35 ^c
	维生素B ₁	0.06±0.00 ^c	0.10±0.04 ^a	0.08±0.04 ^b
	维生素B ₂	0.77±0.02 ^c	1.31±0.49 ^a	1.04±0.07 ^b

* 能量的单位为kJ/100g DW.



不同干燥方式对甘薯茎叶粉总酚含量和抗氧化活性的影响

真空冷冻干燥甘薯茎叶粉表现出最高的营养与功能特性。

目前已成功实现甘薯茎叶青汁粉的商品化生产，所得产品色泽翠绿、易于冲调，且富含蛋白、膳食纤维、维生素、矿物质及多酚类物质。



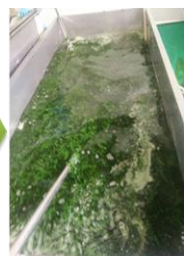
新鲜甘薯茎叶



清洗



切分



漂烫



包装



粉碎



干燥



离心脱水



• 6大基本营养素

• 70多种常量及微量元素

• 23种维生素

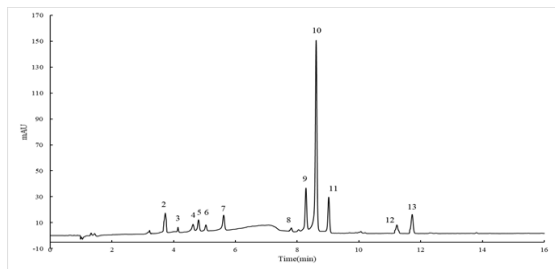
• 18种人体必需氨基酸



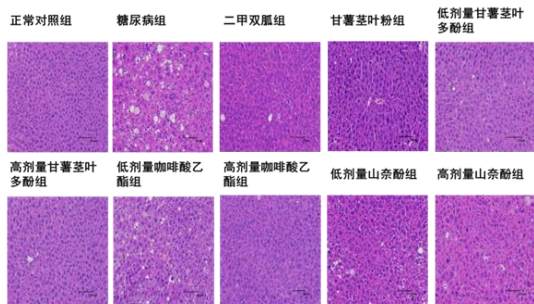
甘薯茎叶青汁粉的营养成分表

	指标	对照(冻干粉)	甘薯茎叶青汁粉
基本成分 (g/100g 干重)	水分 ^a	6.22 ± 0.00b	6.66 ± 0.00a
	蛋白质	30.05 ± 0.15a	29.55 ± 0.15a
	脂肪	4.12 ± 0.01a	3.96 ± 0.01c
	碳水化合物	14.30 ± 0.00b	9.20 ± 0.00c
	总膳食纤维	35.00 ± 0.00b	40.40 ± 0.00a
	可溶性膳食纤维	7.26 ± 0.10c	9.69 ± 0.10a
	不溶性膳食纤维	27.68 ± 0.16b	30.73 ± 0.16a
	灰分	10.41 ± 0.01a	10.08 ± 0.01c
	能量 ^b	1184.00 ± 0.00b	1131.00 ± 0.00c
	矿物质 (mg/100g 干重)	Na	47.36 ± 0.01c
P		384.10 ± 3.00a	387.40 ± 3.00a
Ca		916.30 ± 4.90b	994.95 ± 4.90a
K		4803.50 ± 20.50a	2851.50 ± 20.50b
Mg		258.40 ± 0.70a	194.15 ± 0.70c
Fe		12.54 ± 0.10a	10.08 ± 0.10b
Zn		2.65 ± 0.01a	1.71 ± 0.01c
Cu		1.19 ± 0.00a	1.05 ± 0.00b
Mn		16.95 ± 0.04a	8.98 ± 0.04c
Se ^c		5.37 ± 0.15b	5.16 ± 0.15b
Pb ^d		N.D.(< 0.04)	N.D.(< 0.04)
As		0.16 ± 0.01b	0.23 ± 0.01a
Hg ^d		N.D.(< 0.010)	N.D.(< 0.010)
维生素 (mg/100g 干重)	C	77.69 ± 0.96a	75.64 ± 0.96a
	B ₁ ^d	N.D.(< 0.12)	N.D.(< 0.12)
	B ₂	1.02 ± 0.01b	1.03 ± 0.01b
	B ₃	0.55 ± 0.00a	0.56 ± 0.00a
	β-胡萝卜素	82.10 ± 1.60 c	126.50 ± 1.60a
	E	8.00 ± 0.16c	14.70 ± 0.16b
总酚含量 (g/100g 干重)	56.43 ± 0.66a	54.03 ± 0.66a	
总酚含量 (g/100g 干重)	6.42 ± 0.05A	2.90 ± 0.10B	

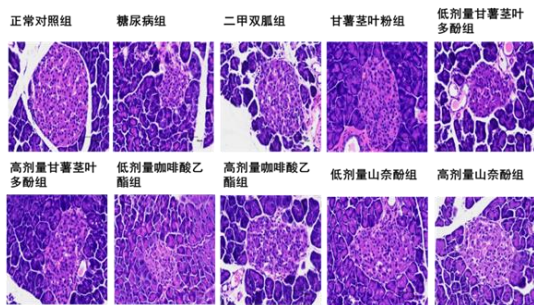
明确了西蒙1号甘薯茎叶酚酸类和黄酮类物质的具体组成；阐明了西蒙1号甘薯茎叶多酚降血糖的作用机制。



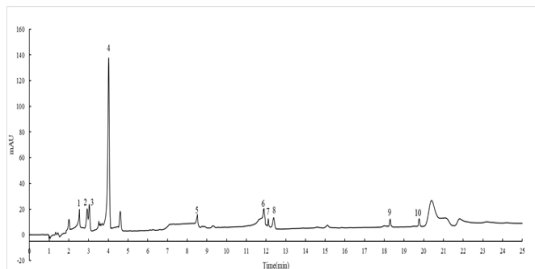
甘薯茎叶中酚酸类物质的超高效液相色谱图



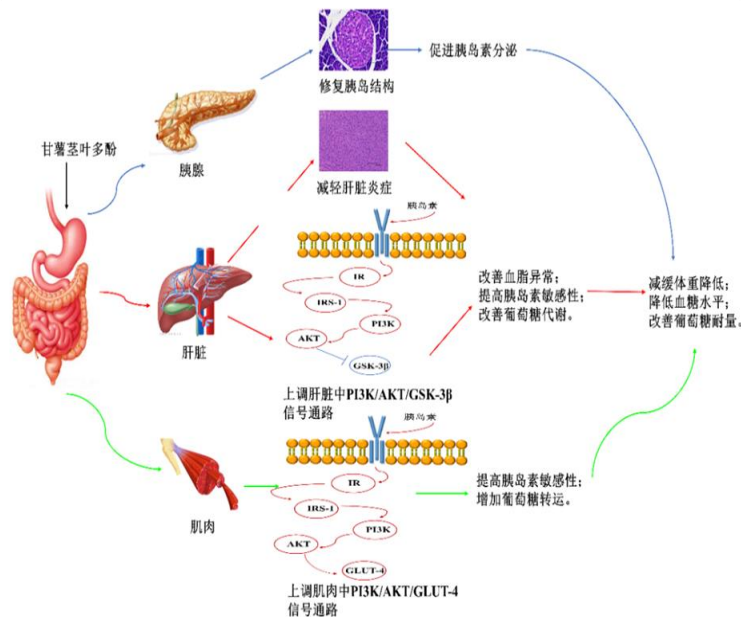
肝脏H&E染色切片病理学分析 (200×)



胰腺H&E染色切片病理学分析 (200×)



甘薯茎叶中黄酮类物质的超高效液相色谱图

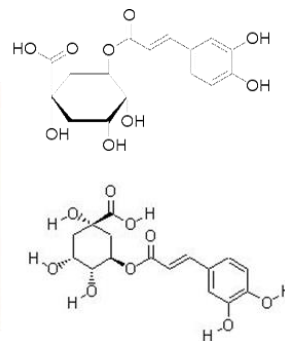
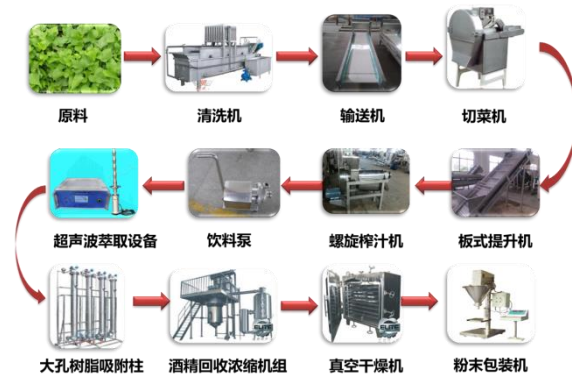
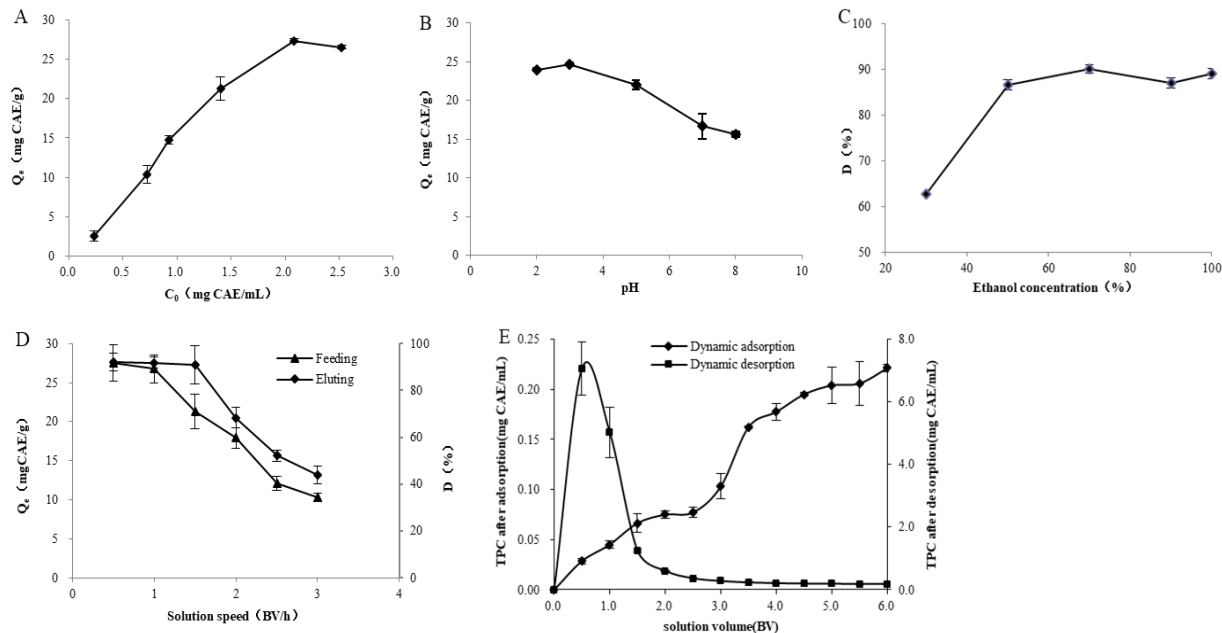


西蒙1号甘薯茎叶多酚降血糖作用机制假想图

动物实验证实：西蒙1号甘薯茎叶青汁粉的降血糖活性显著优于降血糖药物二甲双胍。

2.2 研发了“超声波辅助乙醇提取结合AB-8大孔树脂纯化”制备甘薯茎叶多酚关键技术

采用AB-8大孔树脂分离纯化甘薯茎叶中的多酚类物质



不同吸附条件对AB-8大孔吸附树脂吸附量和解吸率的影响 (A) 样品溶液总酚浓度对树脂吸附量的影响 (B) 溶液pH值对树脂吸附量的影响 (C) 乙醇解吸液浓度对树脂解吸率的影响 (D) 进样与洗脱流速对树脂吸附量和解吸率的影响 (E) 动态吸附与解吸性能 (C_0 为初始样品溶液总酚含量, mg CAE/mL; D 为解吸率, %; Q_e 为平衡吸附容量, mg CAE/g 树脂)

国家发明专利：一种甘薯茎叶多酚及其制备方法 (ZL201310325014.6)

论文：Lisha Xi, Taihua Mu, Hongnan Sun. Food Chemistry, 2015, 50: 758-765.

多酚产品纯度达90%以上

甘薯茎叶酚酸类物质由**13种**单一组分构成，含量最高的为**3,5-CQA**；黄酮类物质由**10种**单一组分构成，含量最高的为**紫云英苷**。

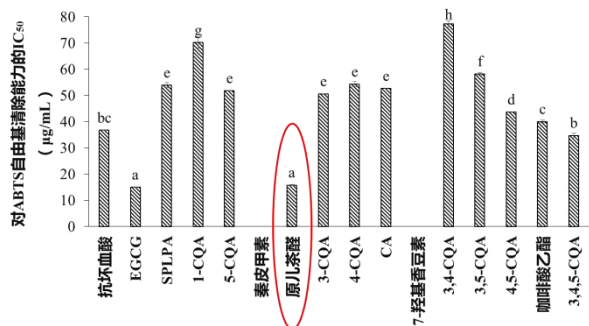
UPLC-DAD定量分析甘薯茎叶酚酸的组分构成

序号	保留时间 (min)	鉴定物质	标准曲线	相关系数	峰面积	含量 (% DW)
1	3.231	1-CQA	$y = 14.232x - 1.3708$	0.9989	10.56 ± 0.14	1.68 ± 0.03
2	3.718	5-CQA	$y = 28.979x - 8.5993$	0.9925	73.70 ± 0.04	5.68 ± 0.06
3	4.141	秦皮甲素	$y = 21.668x - 0.776$	0.9998	11.00 ± 0.21	1.09 ± 0.02
4	4.628	原儿茶醛	$y = 59.584x - 2.9922$	0.9997	32.10 ± 1.24	1.18 ± 0.02
5	4.828	3-CQA	$y = 30.225x - 8.2165$	0.9918	37.20 ± 2.7	3.01 ± 0.04
6	5.051	4-CQA	$y = 26.099x - 7.0512$	0.9917	25.30 ± 1.2	2.48 ± 0.01
7	5.621	CA	$y = 93.367x - 14.179$	0.9998	60.70 ± 0.06	1.60 ± 0.12
8	7.568	7-羟基香豆素	$y = 80.212x + 6.624$	0.9992	50.30 ± 0.32	1.09 ± 0.09
9	8.248	3,4-CQA	$y = 32.614x - 10.204$	0.9951	128.10 ± 7.82	8.48 ± 0.03
10	8.614	3,5-CQA	$y = 28.787x - 35.176$	0.9906	617.40 ± 3.88	45.34 ± 0.60
11	9.011	4,5-CQA	$y = 33.869x - 6.0974$	0.9978	109.00 ± 2.56	6.80 ± 0.36
12	11.218	3,4,5-CQA	$y = 26.091x - 2.376$	0.9991	30.20 ± 1.90	2.50 ± 0.02
13	11.728	咖啡酸乙酯	$y = 91.056x - 3.6661$	0.9998	76.40 ± 0.07	1.76 ± 0.03
Sum						82.69 ± 1.58

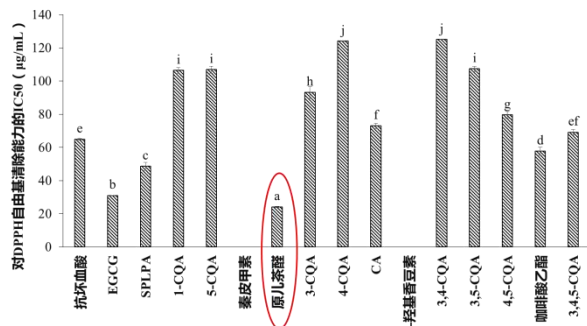
UPLC-DAD定量分析甘薯茎叶黄酮的组分构成

序号	保留时间 (min)	鉴定物质	标准曲线	相关系数	峰面积	含量 (% DW)
1	2.509	芦丁	$y = 36.115x + 6.2449$	0.9999	91.50 ± 0.71	4.72 ± 0.14
2	2.902	金丝桃苷	$y = 40.778x + 9.9822$	0.9994	103.50 ± 0.74	4.59 ± 0.06
3	3.029	异槲皮苷	$y = 37.001x + 6.2305$	0.9975	94.20 ± 1.42	4.75 ± 0.08
4	4.046	紫云英苷	$y = 63.25x - 46.005$	0.9954	841.80 ± 2.77	28.07 ± 0.73
5	8.466	槲皮素	$y = 30.663x - 15.502$	0.9954	60.00 ± 1.23	4.92 ± 0.06
6	11.826	山奈酚	$y = 51.27x - 24.055$	0.9970	170.10 ± 0.49	7.57 ± 0.86
7	12.019	香叶木素	$y = 26.968x + 19.704$	0.9997	56.40 ± 0.53	2.72 ± 0.22
8	12.332	棕矢车菊素	$y = 25.084x - 14.489$	0.9995	128.10 ± 1.40	11.37 ± 0.02
9	18.199	白杨素	$y = 67.626x + 7.9412$	0.9986	54.60 ± 1.07	1.38 ± 0.28
10	19.662	柳穿鱼黄素	$y = 119.8x - 11.807$	0.9997	63.90 ± 1.05	1.26 ± 0.49
Sum						71.35 ± 0.93

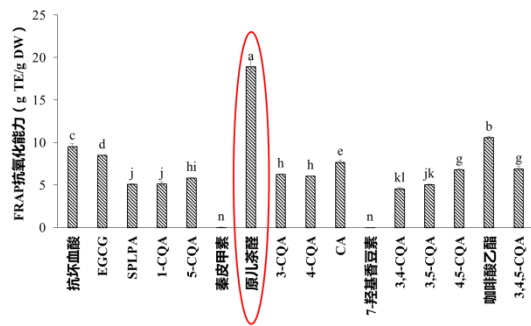
抗氧化活性最强的酚酸类物质为原儿茶醛；黄酮类物质为槲皮素。



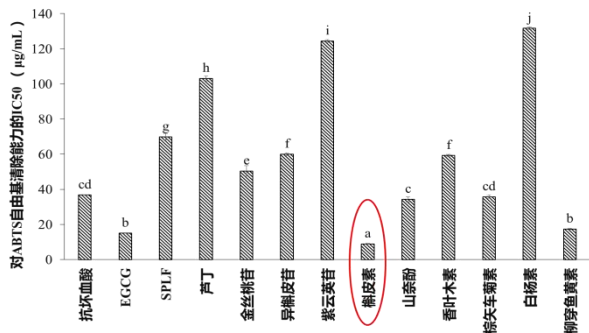
甘薯茎叶酚酸对ABTS自由基清除能力



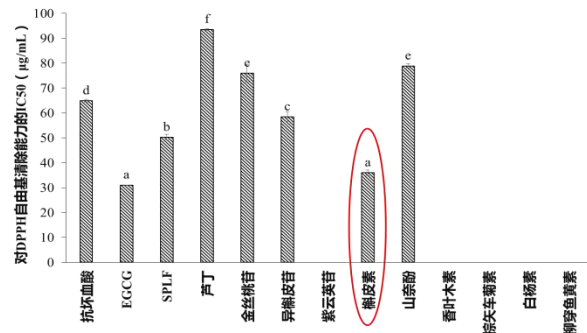
甘薯茎叶酚酸对DPPH自由基清除能力



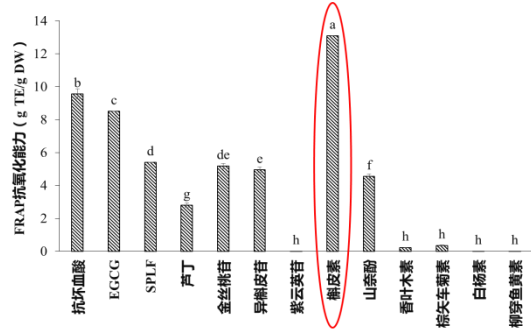
甘薯茎叶酚酸的FRAP抗氧化能力



甘薯茎叶黄酮对ABTS自由基清除能力



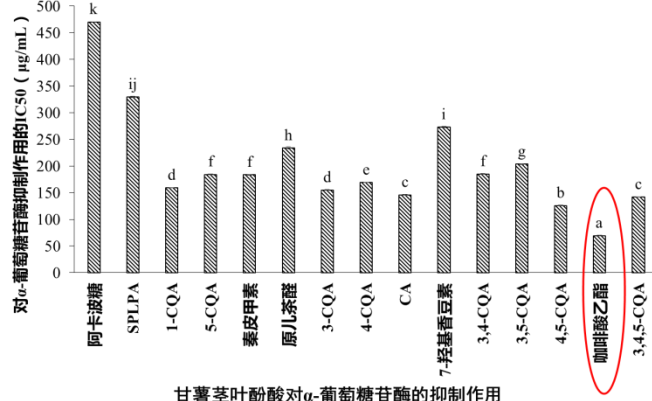
甘薯茎叶黄酮对DPPH自由基清除能力



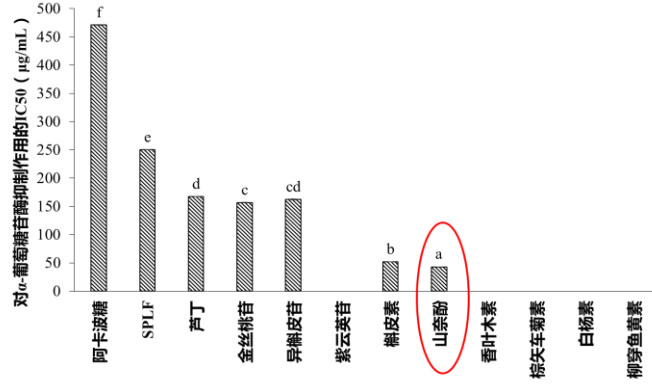
甘薯茎叶黄酮的FRAP抗氧化能力

体外抑制 α -葡萄糖苷酶及 α -淀粉酶最强的酚酸类物质为**咖啡酸乙酯**

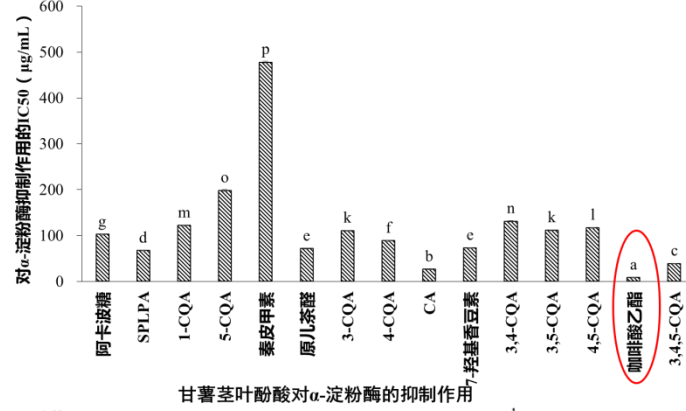
酯；黄酮类物质为**山奈酚**、**槲皮素**。



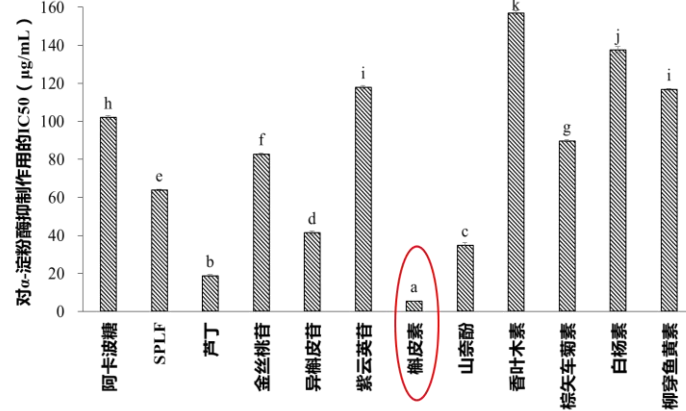
甘薯茎叶酚酸对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用



甘薯茎叶黄酮对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用



甘薯茎叶酚酸对 α -淀粉酶的抑制作用



甘薯茎叶黄酮对 α -淀粉酶的抑制作用

下一步研发计划



- 薯类营养与功能成分的绿色制备技术；
- 薯类营养与功能成分的生物活性及其作用机制；
- 薯类营养与功能成分的稳态化技术；
- 薯类功能性特需食品精准设计制造及产业化；

.....

谢谢！

金屋天下

