

II SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE ENERGIA NA AGRICULTURA

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

BATATA-DOCE (*IPOMOEA BATATAS*) DENTRO DO CONTEXTO DE CULTURAS ENERGÉTICAS, UMA REVISÃO¹

Suélen Cristina Maino², Edward Seabra Júnior³, Daniel Marcos Dal Pozzo³, Reginaldo
Ferreira Santos², Jair Antonio Cruz Siqueira²

¹Apresentado no 2º Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura: 30/11/2017-UNIOESTE, *Campus* Cascavel.

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGA – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – Nível Mestrado, Cascavel-PR.

³Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, DAPRO – Departamento Acadêmico de Produção e Administração - Medianeira – PR. seabra.edward@gmail.com

Resumo: Este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento da literatura sobre a batata-doce como uma cultura energética voltada para a produção de biocombustível. Um dos principais biocombustíveis utilizado no Brasil é o etanol, produzido exclusivamente por cana-de-açúcar. Diante disso, a batata-doce se apresenta como uma possibilidade de matéria-prima para a produção de etanol, visto que em sua composição há altos teores de carboidratos, na forma de amido. A batata-doce é uma alternativa ao milho e à cana-de-açúcar para produção de etanol, uma vez que se trata de uma cultura que demanda baixo investimento, não é empregada em produtos de alto valor agregado e exige quantidades menores de fertilizantes e pesticidas do que o milho. Dado tal contexto, o presente trabalho visa analisar a evolução do bioetanol e apresentar o cultivo da batata-doce com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: cultura energética, biocombustível, bioetanol, desenvolvimento sustentável.

Potatoes (*Ipomoea batatas*) within the context of energy crops, a review

Abstract: This work aims to carry out a survey of the literature on sweet potatoes as an energy crop for the production of biofuel. One of the main biofuels used in Brazil is ethanol, produced exclusively by sugarcane. In view of this, sweet potato presents itself as a possibility of raw material for the production of ethanol, since in its composition there are high carbohydrate contents, in the form of starch. Sweet potato is an alternative to corn and sugar cane for ethanol production, since it is a low-investment crop, it is not used in high value-added products, requires smaller amounts of fertilizers and pesticides than corn. Given this context, the present work aims to analyze the evolution of bioethanol and present the cultivation of sweet potatoes with a view to sustainable development.

Key words: energy crop, biofuel, bioethanol, sustainable development.

Introdução

Diversos são os fatores que estimulam a produção de combustíveis de fontes renováveis. Desde a crise do petróleo em 1970 e com o início do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool), houve o impulso na obtenção de matérias-primas renováveis para a obtenção de biocombustíveis. As iniciativas nesse sentido têm como objetivo minimizar a dependência de combustíveis fósseis, proporcionar aumento na qualidade ambiental e incentivar as agroindústrias (MASIERO, 2012). Diante disso, a produção de etanol no Brasil foi intensificada, tendo a cana-de-açúcar como a principal matéria-prima utilizada (MASIERO, 2012). A produção se dá, sobretudo de fontes renováveis, por meio da conversão de açúcares e amido em etanol (PAVLAK et al., 2011).

O Brasil é um país com uma grande extensão territorial e ampla diversidade climática, podendo usufruir dessa heterogeneidade para o cultivo de diferentes culturas, as quais podem ser utilizadas como matérias-primas para obtenção de etanol (PAVLAK et al., 2011).

A batata-doce desponta como uma opção de matéria-prima alternativa para a obtenção de etanol, visto que é uma cultura com elevado potencial produtivo de biomassa e apresenta grandes quantidades de carboidratos, sendo possível a fermentação para produção de etanol (MACHADO e ABREU, 2007).

Nacionalmente, a produção do biocombustível álcool a partir da batata-doce é pouco empregada; contudo, tal cultura apresenta grande potencial, uma vez que tem se realizado melhoramento genético em cultivares de batata-doce, com o que se verificou alto potencial para a obtenção de álcool. Estudos demonstraram, efetivamente, que a produtividade de álcool/etanol com tal cultivar foi duas vezes maior que os valores obtidos a partir da cana-de-açúcar (GONÇALVES, 2011).

Contudo, existem algumas limitações ao uso da batata-doce como alternativa energética, sendo eles de ordem fitotécnica, referentes ao fato de que nem todas as cultivares

da batata-doce possuem alta produção de biomassa, elevada concentração de amido ou alta produção ou rendimento de etanol por tonelada. Com isso, se fazem necessários estudos em relação aos diferentes clones e cultivares, a fim de selecionar os melhores genótipos para produção de etanol (GONÇALVES, 2011).

Mundialmente, o principal produtor de batata-doce é a China (MAPS OF THE WORLD, 2016), sendo essa cultura escolhida para fermentação e obtenção de bioetanol (RISSO, 2014). Assim, a China é detentora de cerca de 85% de toda a produção mundial de batata-doce (FAO, 2012).

O Brasil é o vigésimo maior produtor mundial de batata-doce (FAO, 2012), sendo que sua produção foi de 505.350 toneladas na safra de 2013. Em tal ano, a região Sul se destacou em primeiro lugar com 227.354 toneladas produzidas, sendo seguida pelas regiões Nordeste e Sudeste, com valores, respectivamente, de 142.053 e 119.414 toneladas. No país, o principal estado produtor de batata-doce é o Rio Grande do Sul, com 166.354 toneladas por hectare (IBGE, 2013).

Conforme dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB), a produção de batata-doce no Paraná, na safra de 2012/2013, foi de cerca de 79.048 toneladas, com uma área plantada de 4.108 hectares (SEAB, 2016).

Características da cultura

Com origem na América do Sul e Central, a batata-doce (*Ipomoea Batatas*) tem registros datados a mais de 10 mil anos. Análises revelam vestígios de batatas secas encontradas em cavernas no Peru, e escritas arqueológicas foram descobertas na região ocupada pelos Maias (SILVA et al., 2008).

A batata-doce é pertencente à família das *Convolvulaceae*. Seu cultivo é recomendado para climas quentes, sendo indicados locais ou épocas com temperatura média acima de 24°C. Quando cultivada em temperaturas abaixo de 10°C, sofre atraso no desenvolvimento. E apesar de ser considerada uma cultura rústica, não tolera geada (SILVA et al., 2008).

Para o desenvolvimento da batata-doce, é aconselhado pluviosidade anual média de 750 a 1000 mm, sendo que 500 mm são exigidos durante a fase de crescimento, configurada pela segunda semana após o plantio. Quando não ocorre a irrigação natural, é indispensável a irrigação mecanizada (SILVA et al., 2008).

A cultura tem preferência por solos arenosos, bem drenados, sem presença de alumínio tóxico, com pH ligeiramente ácido e com alta fertilidade natural. Os solos com pH entre 4,5 e 5,5 são mais favoráveis quanto à menor ocorrência de pragas. Já os solos com alto nível de

acidez, onde geralmente há elevados níveis de alumínio solúvel, ocasionam prejuízo ao desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2008).

A lavoura de batata-doce pode ser implantada: (i) por meio de batatas, sendo que ocorre brotação a partir de batatas selecionadas; (ii) rama-semente, quando é realizada a retirada de ramas a partir da segmentação de uma cultura em desenvolvimento; ou, ainda, (iii) a partir do pré-enraizamento, definido pelo cultivo em uma área como viveiro de mudas. Todos os materiais de propagação possuem desempenho satisfatório, contudo, na utilização das batatas, pode ocorrer a disseminação de pragas e doenças, e na utilização de ramas-semente, apesar da emissão de raízes ocorrer em tempo curto, entre 2 e 5 dias, pode ocorrer a desidratação. Desse modo, o pré-enraizamento permite o desenvolvimento mais sadio (SILVA et al., 2008).

Quanto ao adensamento, as ramas ou mudas são plantadas em leiras ou camalhões com 30 a 40 cm de altura (CASTRO e OLIVEIRA, 2007; SILVA et al., 2008; SILVA, 2000), e os espaçamentos mais utilizados são de 80 a 100 cm entre as leiras (CASTRO e OLIVEIRA, 2007; SILVA, 2000), e de 25 a 40 cm entre as plantas (SILVA, 2000).

A topografia plana permite o plantio mecanizado. Quando a topografia é acidentada, é imprescindível a distribuição das leiras em níveis, tornando o plantio necessariamente manual (SILVA et al., 2008).

Por ser uma planta de caule herbáceo de hábito prostrado, a batata-doce possui ramificação de tamanho, cor e pilosidade variáveis. Suas folhas são largas, e apresentam diferentes colorações e formatos (SILVA et al., 2008).

Desenvolve floração hermafrodita e sua fecundação é cruzada. Contudo, em decorrência da autoincompatibilidade (SILVA et al., 2008), possui incapacidade de gerar sementes quando fertilizada pelo próprio pólen (BREWBAKER, 1957); desse modo, sua flor é tida como estéril. A ocorrência da floração é observada quando o comprimento do dia é menor que treze horas (ICAR, 2013).

A cultura possui dois tipos de raiz, sendo a raiz absorvente responsável pela estabilidade da cultura ao solo, a absorção e condução de água e nutrientes. A raiz tuberosa é responsável pela armazenagem de energia em forma de amido, inulina e demais substâncias. A raiz tuberosa forma a principal parte com benefício comercial, comumente denominada “batata” (SILVA et al., 2008).

As batatas são caracterizadas por possuírem uma pele fina, formada por poucas camadas de células. Geralmente, uma camada de 2 mm, denominada casca, que envolve a parte central, classificada como poupa ou carne. Existem diversos cultivares de batata-doce com

diferentes colorações de casca e polpa. Variam entre as cores roxa, salmão, amarela, creme e branca (SILVA et al., 2008).

A cultura não apresenta um período específico para colheita, sendo possível antecipar ou retardar, de acordo com a oportunidade de comercialização. Em geral, o período é definido pelo tamanho ou peso das raízes, que devem possuir aproximadamente 300 g. Quando em condições ideais de cultivo, a colheita pode ocorrer a partir de 90 dias; no entanto, ela se dá, usualmente, entre 120 e 150 dias (SILVA et al., 2008).

Essa fase envolve muita mão-de-obra. Quando realizada no processo manual, consiste no trabalho de operários que realizam a escavação lateral das leiras recolhendo as raízes. Já no processo mecanizado, faz-se o uso de equipamentos que executam o corte do solo ao lado ou abaixo das leiras, expondo as raízes e facilitando seu recolhimento (SILVA et al., 2008).

Uso e aplicações

Por se tratar de uma cultura com rusticidade para cultivo, pequeno custo para produção, e elevada capacidade nutritiva, a batata-doce se destaca notoriamente na agricultura familiar (GOMES, 2007).

Por longo período, a batata-doce teve seu cultivo feito de maneira empírica, voltado para a alimentação humana (SILVA et al., 2008); isso fez com que a cultura não tivesse grande base de dados armazenados. Contudo, com o objetivo de multiplicar matrizes com alta sanidade, a Embrapa Clima Temperado passou a colocar à disposição dos produtores, técnicos e estudantes o Sistema de Produção voltado ao cultivo da batata-doce com a intenção de qualificar o processo produtivo e aumentar o retorno econômico (GOMES, 2007).

A partir dessas intervenções, pesquisas se desenvolveram nas demais áreas de uso e aplicação da cultura. Para a alimentação animal, as ramas e folhas frescas são oferecidas aos ruminantes, peixes e aves. Além disso, quando secas e picadas, as raspas das raízes são consideradas um complemento com alto desempenho alimentar energético; portanto, são adicionadas à ração tanto dos animais ruminantes como dos não ruminantes. Contudo, vale considerar que esses alimentos possuem inibidor de digestão, quando oferecidos pela primeira vez, podem causar congestão intestinal (SILVA et al., 2008).

E apesar de ainda ser pouco discutida no Brasil, a batata-doce se desenvolve como cultura energética para produção de álcool (SILVA et al., 2008). O estado do Tocantins é pioneiro no assunto, tendo uma usina de etanol a partir do processamento da batata-doce. Tal usina apresenta capacidade de três mil litros de etanol por dia, e ainda pretende produzir álcool em gel, glucose e ração animal (UFT, 2015).

Enquadramento em culturas energéticas

São diversas as culturas que possuem amido e inulina, compondo o grupo de carboidratos complexos, favoráveis para a geração de álcool. A partir desse material amiláceo, ocorre a quebra em glicose por meio da ação de enzimas ou da hidrólise ácida, em um procedimento nomeado de sacarificação ou malteação (MACHADO e ABREU, 2007). Embora apresente menor rendimento de plantas por hectare quando comparada a outras culturas (Tabela 1), a batata-doce manifesta ciclo de produção mais curto – de 4 a 5 meses (SOUZA, 2005) – em comparação com os ciclos reprodutivos da cana-de-açúcar – 12 a 18 meses (ROSSETTO; SANTIAGO, 2000) – e da mandioca – 10 a 20 meses (SOUZA e FIALHO, 2003). Posiciona-se, então, como uma cultura de rápido retorno.

Tabela 1 – Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida e rendimento médio de batata-doce, cana-de-açúcar e mandioca.

Produtos	Plantada ou destinada à colheita (ha)	Colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/há)
Batata-doce	39 393	38 602	505 350	13 091
Cana-de-açúcar	10 223 043	10 195 166	768 090 444	75 339
Mandioca	1 560 263	1 525 918	21 484 218	14 080

Fonte: Adaptado de IBGE (2013).

A batata-doce expõe elevado potencial produtivo de biomassa para a obtenção de álcool combustível (MAGALHÃES, 2007), devido ao fato de que as culturas que envolvem elevadas quantidades de carboidratos (açúcares) tornam-se matéria-prima para a geração de álcool via fermentação (MACHADO e ABREU, 2007).

Quando comparada a cultura da batata-doce com a do inhame e a da batata, apresenta elevado teor de carboidratos totais, sendo os valores de 26,1 g, 23,1 g, e 18,5 g, respectivamente. Entretanto, o mesmo não se dá quando a comparação é com a mandioca, cujo teor de carboidratos totais é de 32,4 g (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição média de 100 g de matéria fresca de batata-doce, mandioca, inhame e batata.

Componente	Unidade	Batata-doce	Mandioca	Inhame	Batata
Umidade	%	70	63	72	78
Carboidratos totais	g	26,1	32,4	23,1	18,5
Proteína	g	1,5	1	1,7	2,1
Lipídios	g	0,3	0,3	0,2	0,1
Cálcio	mg	32	39	35	9
Fósforo	mg	39	41	65	50
Ferro	mg	0,7	1,1	1,2	0,8
Fibras digeríveis	g	3,9	4,4	4	2,1
Energia	kcal	111	141	103	80

Fonte: Adaptado de Woolfe (1992).

Para obtenção do etanol são necessárias matérias-primas orgânicas que disponibilizem quantidades significativas de carboidratos, principalmente amido ou açúcares, como sacarose, glicose, frutose e maltose. O Brasil produz etanol exclusivamente da cana-de-açúcar e os Estados Unidos da América a partir do milho (RISSO, 2014).

A utilização exclusivamente da cana-de-açúcar está relacionada diretamente ao tipo de carboidratos presente na cultura: trata-se de açúcares simples, o que facilita o processo de quebra da molécula e faz com que ocorra fermentação diretamente pela ação de microrganismos para a obtenção de álcool (RISSO, 2014).

Em contrapartida da cana-de-açúcar, a batata-doce se assemelha ao milho, dado que os carboidratos presentes em sua composição estão na forma de amido, sendo necessária a hidrólise desse material, com o que esse amido é quebrado em açúcares simples e fermentáveis (RISSO, 2014).

Por conta disso, ainda são necessários vários estudos sobre a utilização da batata-doce na produção de etanol. São vários os pontos a serem analisados e os desafios a serem vencidos, por exemplo, em relação às técnicas de hidrólise do material, eficiência energética, produção da cultura, fermentação e custos desses processos (RISSO, 2014).

Contudo, a batata-doce é uma cultura alternativa ao milho e à cana-de-açúcar para produção de etanol, visto que demanda baixo investimento, não é empregada em produtos de alto valor agregado e exige quantidade menor de fertilizantes e pesticidas do que o milho (COMIS, 2008; RISSO, 2014).

Material e Métodos

O estudo foi uma análise bibliográfica de caráter exploratório, realizada online na base de dados da Plataforma Sucupira, Scielo e Google acadêmico, na busca de artigos pertinentes ao contexto da cultura da Batata-doce (*Ipomoea batatas*) no Brasil e no mundo. As palavras-chaves utilizadas foram: Batata-doce no contexto mundial, culturas energéticas, matérias-primas empregadas para a produção de biodiesel e subprodutos, Cultura da batata doce no Brasil. Os critérios utilizados para a inclusão das publicações científicas foram: publicações nacionais relacionadas ao cultivo da batata-doce com informações para localizar a base de dados dentro da área das ciências agrárias. Os resultados foram apresentados de forma descritiva, qualitativa e quantitativa.

Conclusões

A busca pela diversificação da matriz energética fomenta novos estudos para aprimorar o desenvolvimento das matérias-primas disponíveis para tal uso. Desse modo, diversas culturas vêm sendo consideradas alternativas, visando atender as condições naturais e a realidade de cada região, a fim de reduzir os impactos produzidos durante a geração da nova fonte de bioenergia.

A utilização da batata-doce como uma cultura energética apresenta potencial. Apesar do baixo rendimento por hectare, a evolução da pesquisa quanto ao melhoramento genético das cultivares tornaram a cultura adaptada e com maior potencial de geração de etanol.

Referências

BREWBAKER, J. L. Pollen cytology and self-Incompatibility systems in plants. **J Hered**, v. 48, p. 271-277, 1957.

CASTRO, L. A. S.; OLIVEIRA, R. P. de. Sistema de produção de batata-doce. **Embrapa Clima Temperado**. Sistema de produção 10. 2007. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/SistemaProducaoBatata-doce/plantio.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

COMIS, D. **Sweet potato out-yields corn in ethanol production study**. 2008. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/is/pr/2008/080820.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

GOMES, J. C. C. Sistema de produção de batata-doce. **Embrapa Clima Temperado**. Sistema de produção 10. 2007. Versão eletrônica. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/SistemaProducaoBatata-doce/index.htm>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

GONÇALVES, R. J. S. **Variabilidade genética para produção de etanol e para resistência a *Meloidogyne enterolobii* em coleção de clones de batata-doce**. 2011. 110 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal: Culturas temporárias e permanentes**. v. 40. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

ICAR – CENTRAL TUBER CROPS RESEARCH INSTITUTE. **Sweet potato**. 2013. Disponível em: <<http://www.ctcri.org/crops.html>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

MACHADO, C. M. M.; ABREU, F. R. **Álcool combustível a partir da batata**. Associação brasileira da batata. 2007. Disponível em: <http://www.abbatatabrasileira.com.br/revista18_019.htm>. Acesso em: 25 jul. 2016.

MAGALHÃES, K. A. B. **Análise da sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol de batata-doce no município de Palmas-TO**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2007.

MAPS OF THE WORLD. **Top 10 sweet potato producing countries**. 2016. Disponível em: <<http://www.mapsofworld.com/world-top-ten/sweet-potato-producing-countries.html>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

MASIERO, S. S. **Microusinas de etanol de batata-doce: viabilidade econômica e técnica**. 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PAVLAK, M. C. M.; LIMA, T. L. A.; CARREIRO, S. C. Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 82-86, 2011.

REVISTA VIDA NATURAL. Daigaku Imo: veja a deliciosa receita de batata doce cristalizada. Publicado em 13 de Jan de 2016. Disponível em: <<http://revistavidanatural.com.br/visualizacao/daigaku-imo-veja-a-deliciosa-receita-de-batata-doce-cristalizada/DaigaKu-iMo--veja-a-deliciosa-receita-de-batata-doce-cristalizada/>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

RISSO, R. D. S. **Etanol de batata-doce: otimização do pré-processamento da matéria-prima e da hidrólise enzimática**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ROSSETTO, R; SANTIAGO, A. D. Plantio. Árvore do conhecimento - Cana-de-açúcar. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. [2000?]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html>. Acesso em: 25 jul. 2016.

SEAB – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Olericultura**: Análise da Conjuntura Agropecuária. Curitiba: SEAB, 2016.

SILVA, A. D. A. da. Época de plantio, preparo do solo e plantio. *Árvore do conhecimento - Território Mata Sul Pernambucana*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. [2000?]. Disponível em :<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fff9n51g02wx5eo05vmaqk5pg3o5.html#>. Acesso em: 25 jul. 2016.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Embrapa Hortaliças**. Sistema de produção 6. 2008. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/apresentacao.html>. Acesso em: 25 jul. 2016.

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] por meio de células imobilizadas para produção de etanol**. 2005. 91 f. Dissertação (Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.

SOUZA, L. da S; FIALHO, J. de F. Cultivo da mandioca para a região do cerrado. **Embrapa mandioca e fruticultura**. Sistema de produção 8. 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/colheita.htm>. Acesso em: 25 jul. 2016.

UFT – UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS. Parceria entre UFT e Sudam vai viabilizar a produção de Etanol na Amazônia. 2015. Disponível em: <<http://ww1.uft.edu.br/index.php/noticias/14349-parceria-entre-uft-e-sudam-vai-viabilizar-a-producao-de-etanol-na-amazonia>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

WOOLFE, J. A. **Sweet potato**: an untapped food resource. Cambridge: University Press, 1992.