Comparison of mathematical models concerning methane fermentation process of selected potato biomass wastes

Krzysztof PIOTROWSKI
Department of Chemical Engineering and Process Design
Silesian University of Technology in Gliwice

Jan CEBULA
The University of Bielsko-Biała
Institute of Environmental Protection and Engineering

Jolanta BOHDZIEWICZ, Anna DUDEK

Institute of Water and Wastewater Engineering
Silesian University of Technology in Gliwice

INTRODUCTION

Catering industry wastes - one of possible main, abundant sources of substrates for biogas plants

Dominant fraction of these wastes will be represented by potatoes

Subject of various methods of thermal processing, strongly influencing their structure, composition, thus smaller or higher ability for their decomposition in anaerobic fermentation process

Photos: https://www.google.pl/search

AIM AND SCOPE

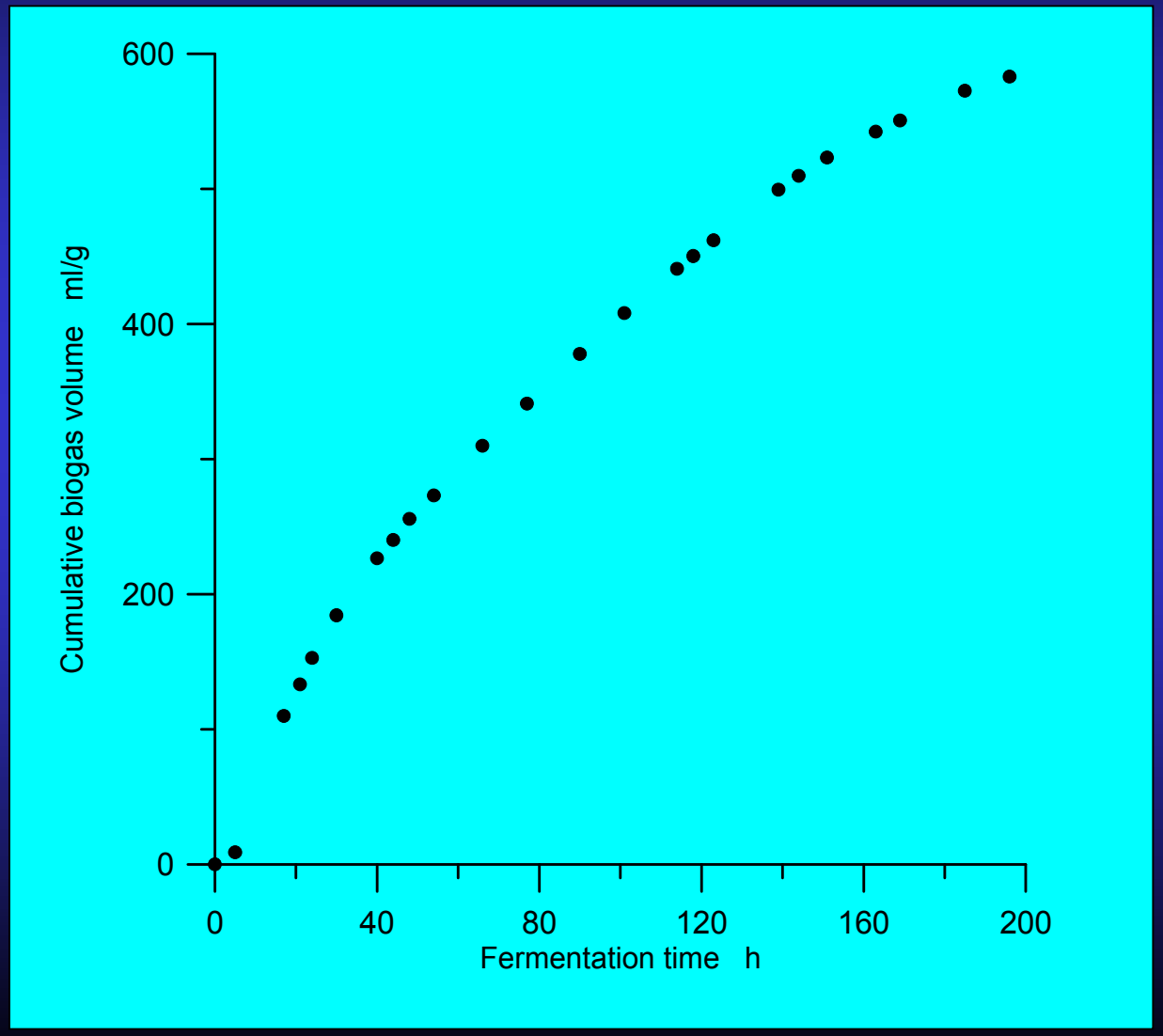
1. Potential and kinetic aspects of batch methane fermentation process of:

   - fried chips
   - boiled potatoes
   - fried potatoes

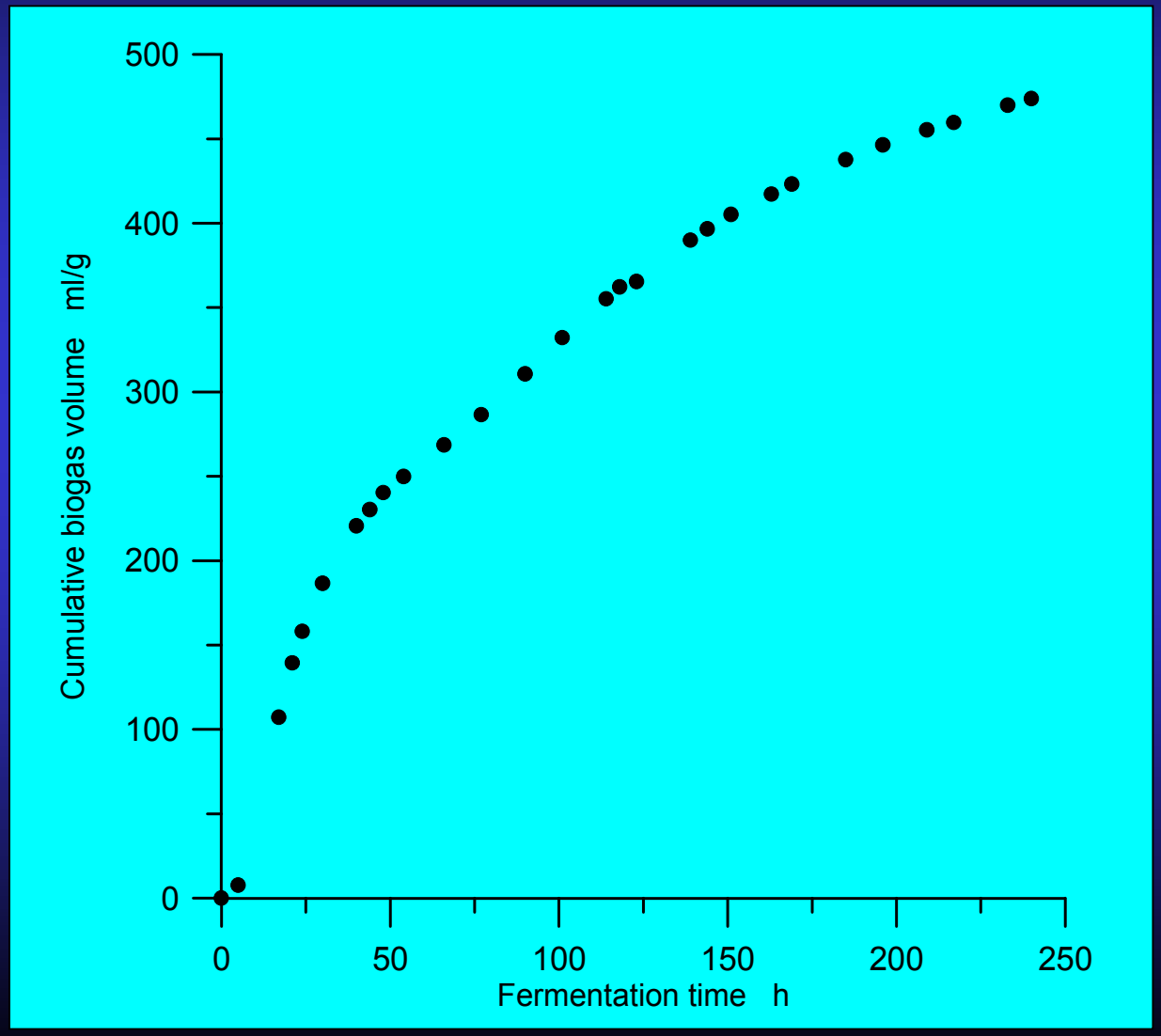
2. Comparison of applicability of selected literature kinetic models

Experimental

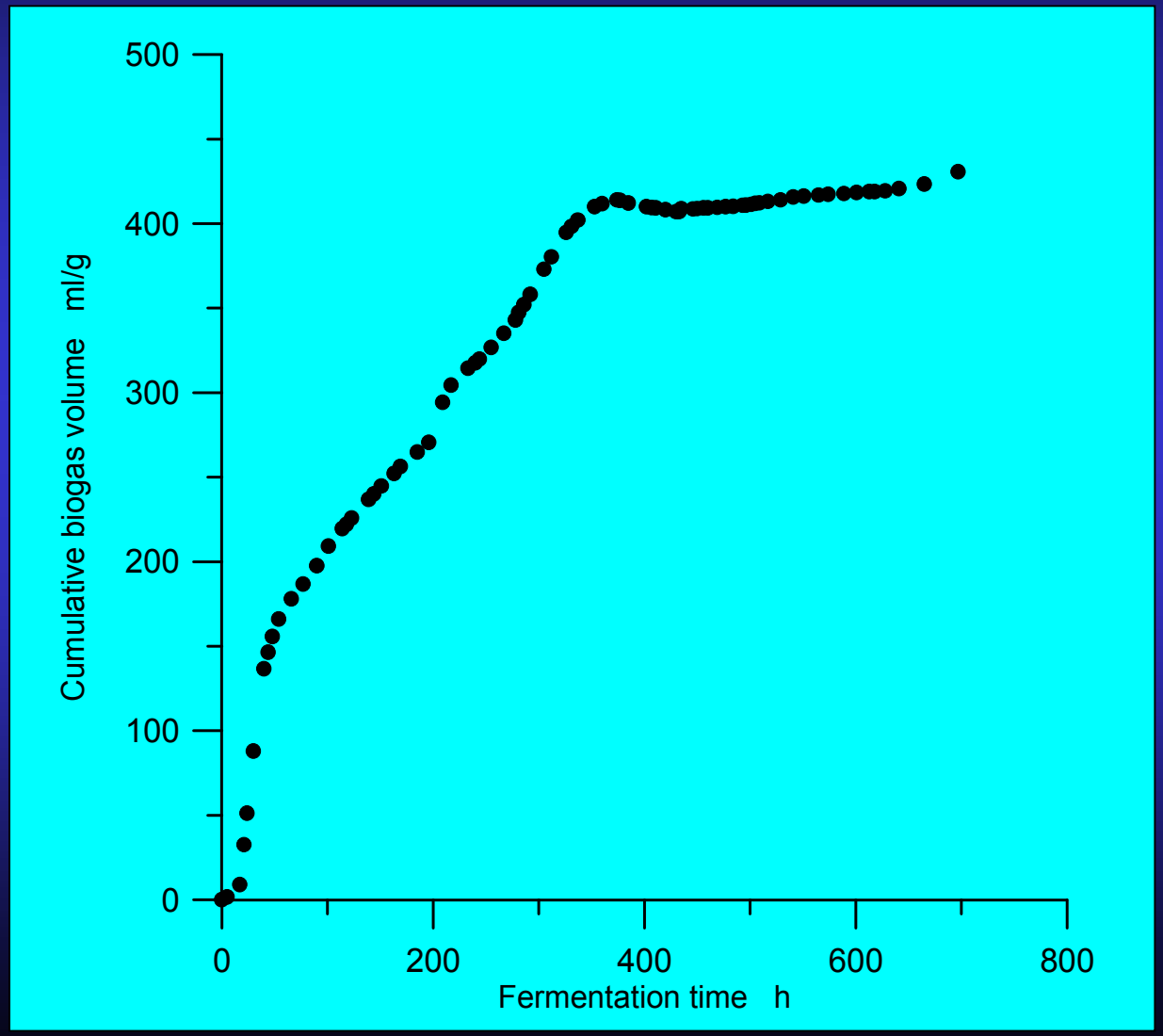
Fried chips


600
400
200
0
Cumulative biogas volume ml/g
0
40
80
120
160
200
Fermentation time h

Boiled potatoes



Fried potatoes



Kinetic models

Modified Gompertz model

and other ones...

Modified Logistic model
Exponential model
Fitzhugh model

Cone model

$$H = H_{max} \exp\left\{-\exp\left[\frac{R_{max} e}{H_{max}}(\lambda - t) + 1\right]\right\}$$

$$H = \frac{H_{max}}{1 + \exp\left[\frac{4R_{max}(\lambda - t)}{H_{max}} + 2\right]}$$

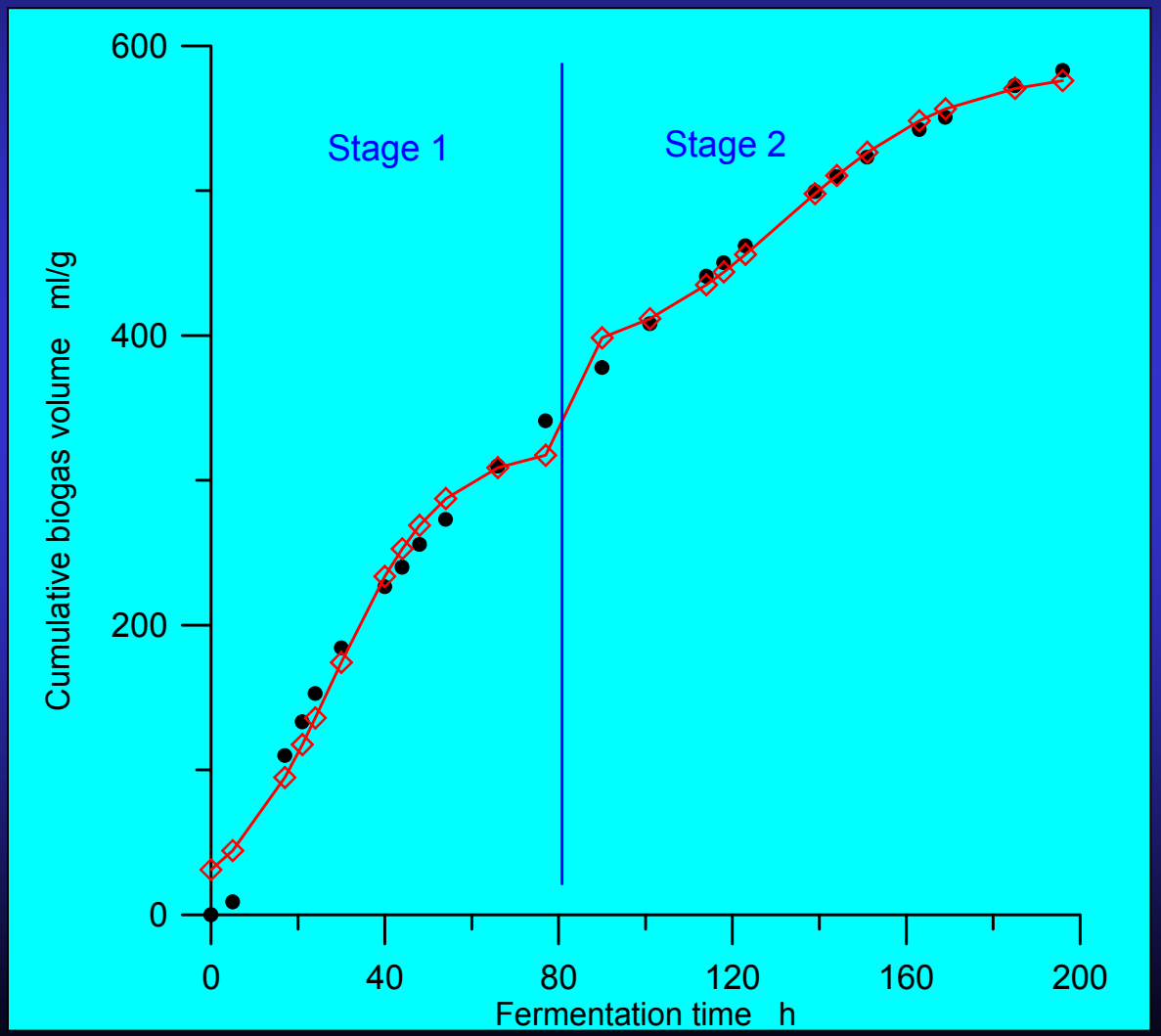
$$H = H_{max}(1 - \exp(-kt))$$

$$H = H_{max}(1 - \exp(-kt)^n)$$

$$H = \frac{H_{max}}{(1 + (kt)^{-n})}$$

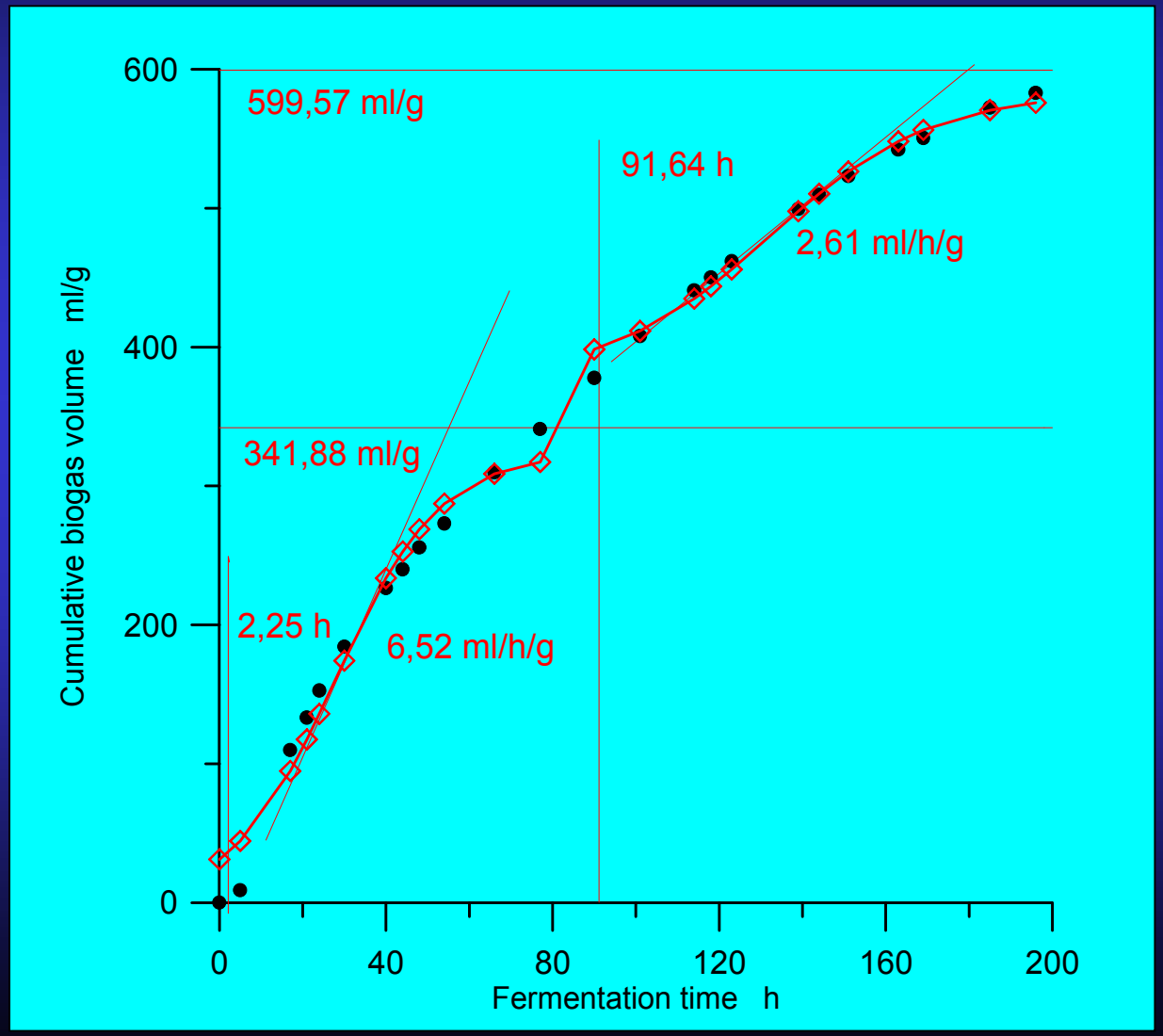
Fried chips

Modified Gompertz model



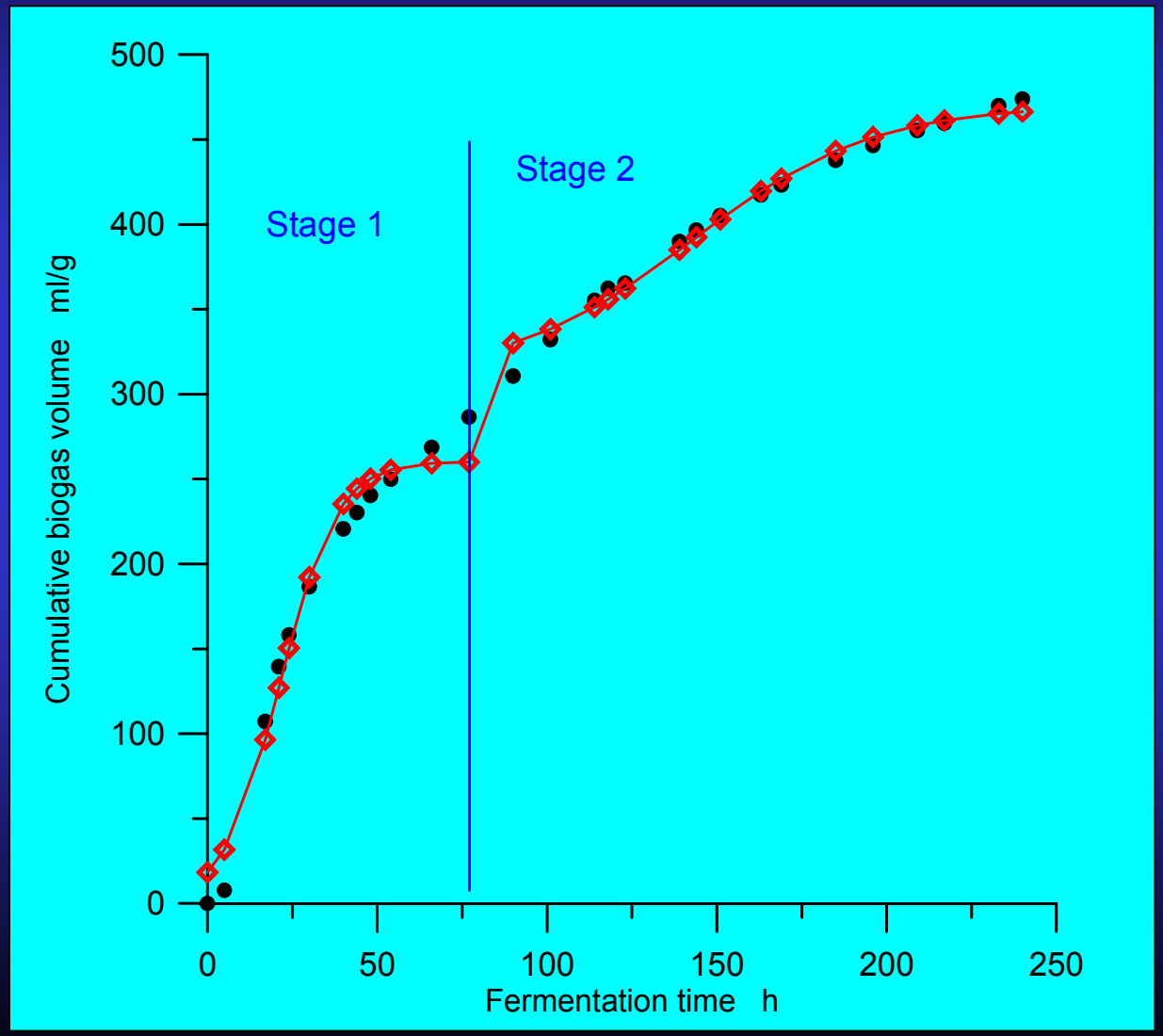
Fried chips

Modified Gompertz model



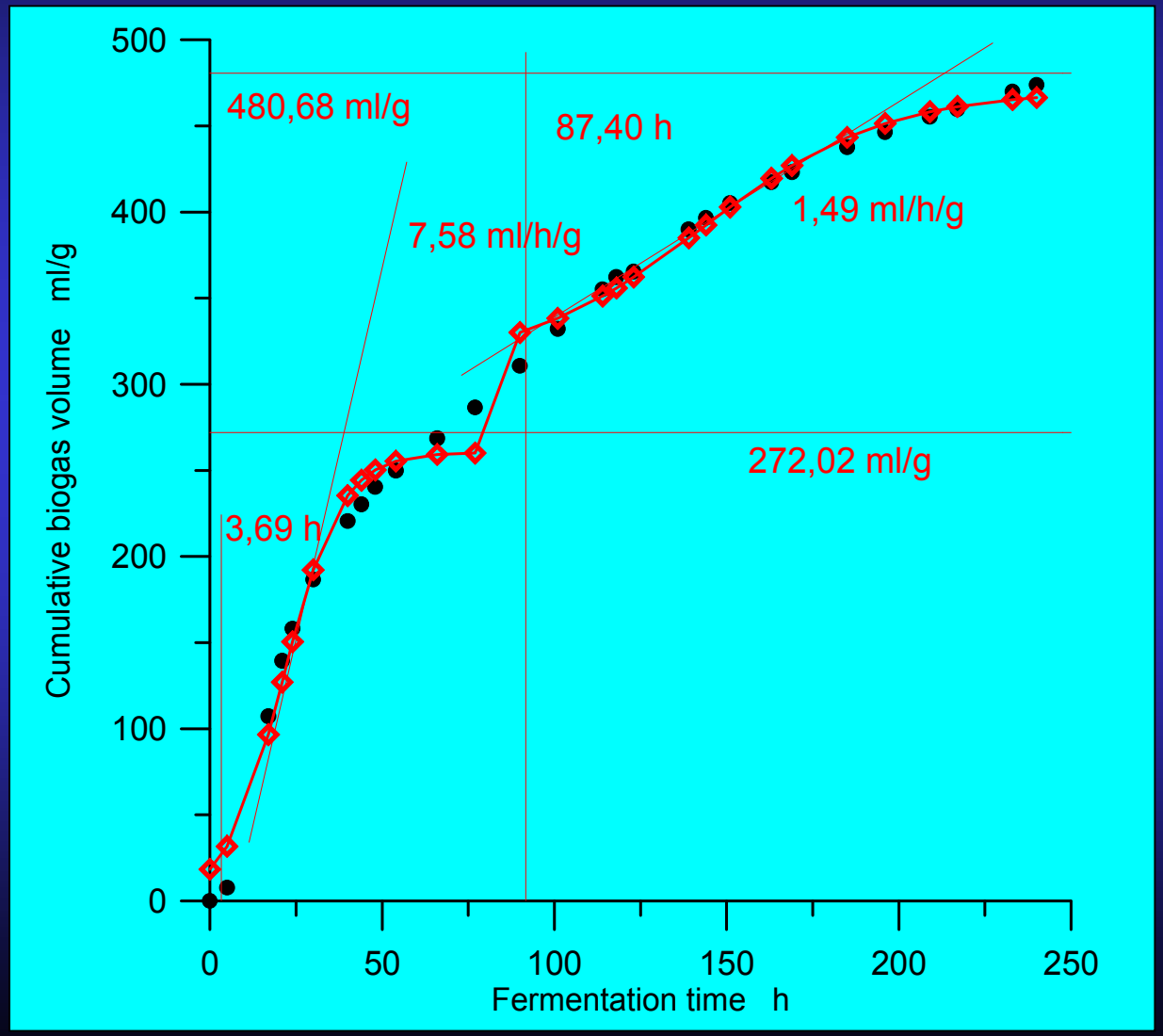
Boiled potatoes

Modified Gompertz model



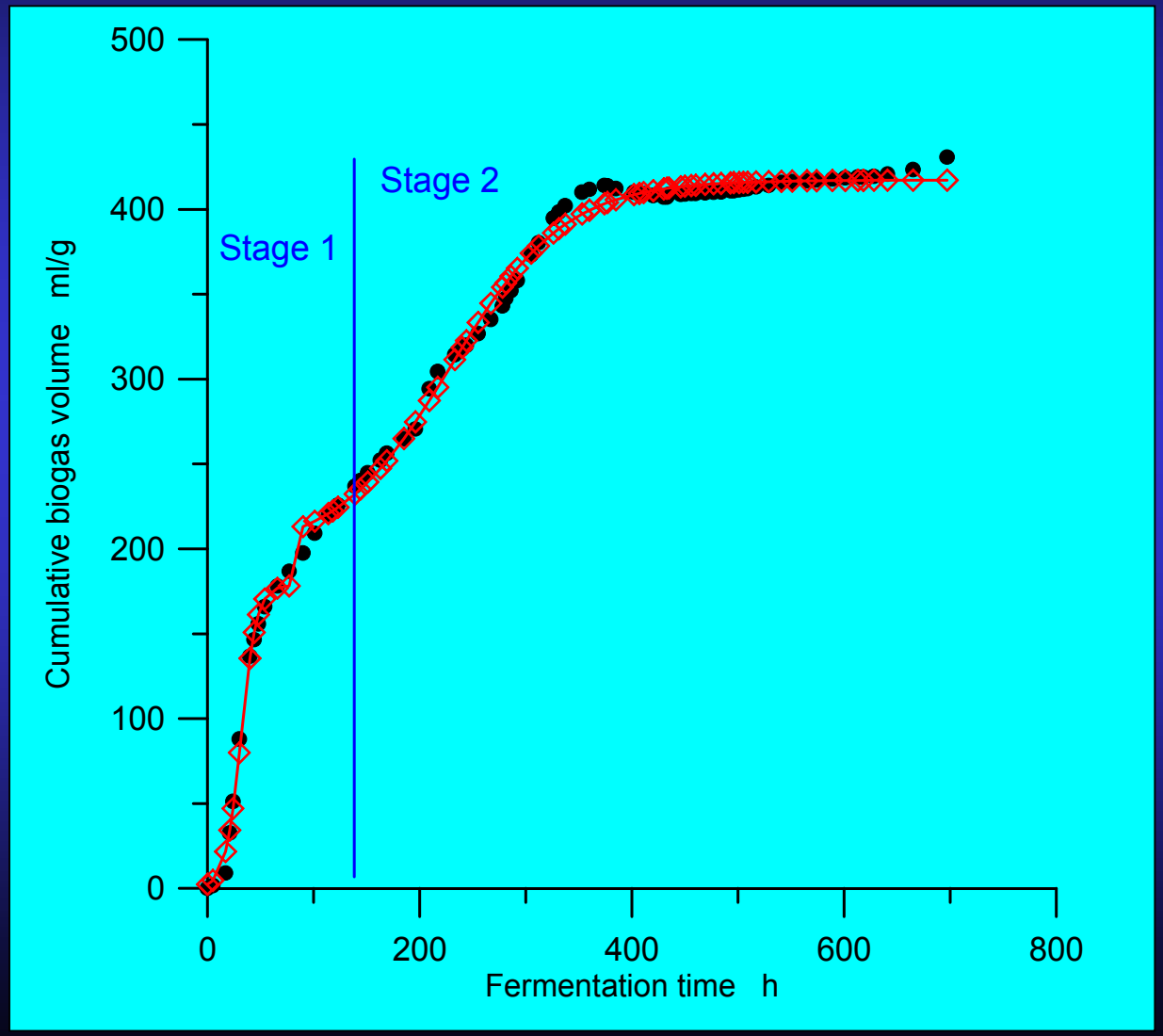
Boiled potatoes

Modified Gompertz model



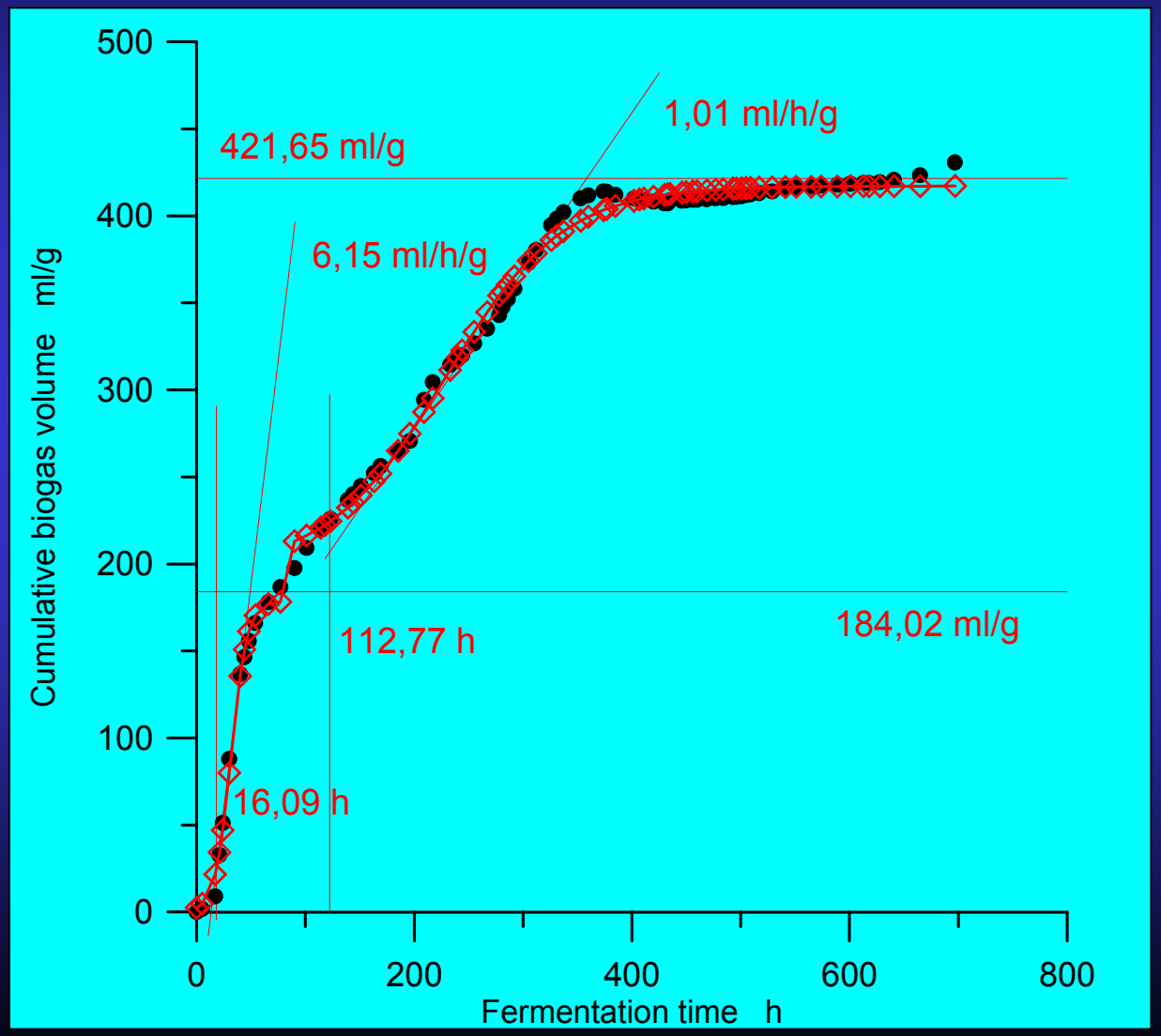
Fried potatoes

Modified Gompertz model



Fried potatoes

Modified Gompertz model



Kinetic models - discussion

The most suitable equation modeling characteristic, sigmoid-shape course of $H(t)$ is modified Gompertz model.

Logistic model demonstrates lower abilities of experimental data fitting what directly affects the accuracy of H_{max}, R_{max} and λ values.

Exponential model, Fitzhugh model and Cone model provide one with significantly too high H_{max} values, what results from mathematical difficulties in proper rendering the characteristic time-course $H(t)$ of experimental data (sigmoid).

From the modified Gompertz model and Logistic model one can obtain set of parameters H_{max}, R_{max}, λ of direct practical applicability.

The parameter values resulting from both models are quite similar.

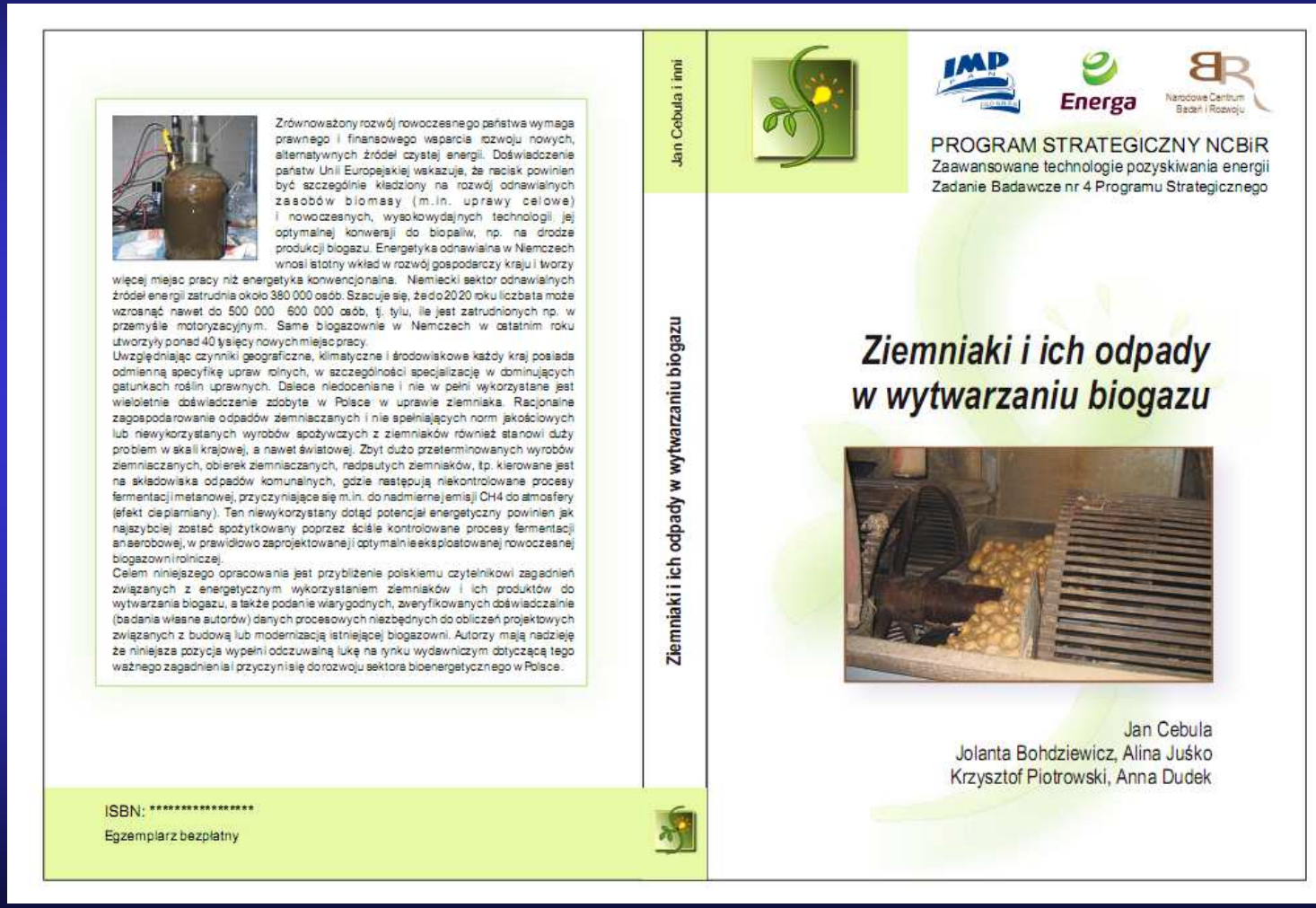
Conclusions

1. Batch methane fermentation process of the three potato biomass wastes discussed is the best mathematically described by modified Gompertz kinetic model.

2. The highest potential in biogas production is attributed to fried chips wastes (the highest H_{max} and relatively high R_{max} – both in 1 and in 2 stage, the shortest total time of the integrated 2-stage process (ca. 200 h)).

3. Relatively the least suitable substrate are fried potatoes wastes (the lowest H_{max} after ca. 700 h), simultaneously at the smallest methane fermentation rate R_{max}.

More details soon in...



Zrównoważony rozwój nowoczesnego państwa wymaga prawnego i finansowego wsparcia rozwoju nowych, alternatywnych źródeł czystej energii. Doświadczenie państw Unii Europejskiej wskazuje, że nacisk powinien być szczególnie kładziony na rozwój odnawialnych zasobów biomasy (m.in. uprawy celowe) i nowoczesnych, wysokowydajnych technologii jej optymalnej konwersji do biopaliw, np. na drodze produkcji biogazu. Energetyka odnawialna w Niemczech wnosi istotny wkład w rozwój gospodarczy kraju i tworzy więcej miejsc pracy niż energetyka konwencjonalna. Niemiecki sektor odnawialnych źródeł energii zatrudnia około 380 000 osób. Szacuje się, że do 2020 roku liczba ta może wzrosnąć nawet do 500 000 - 600 000 osób, tj. tyle, ile jest zatrudnionych np. w przemyśle motoryzacyjnym. Same biogazownie w Niemczech w ostatnim roku utworzyły ponad 40 tysięcy nowych miejsc pracy.

Uwzględniając czynniki geograficzne, klimatyczne i środowiskowe każdy kraj posiada odmienną specyfikę upraw rolnych, w szczególności specjalizację w dominujących gatunkach roślin uprawnych. Dalece niedocenione i nie w pełni wykorzystane jest wieloletnie doświadczenie zdobyte w Polsce w uprawie ziemniaka. Racjonalne zagospodarowanie odpadów ziemniaczanych i nie spełniających norm jakościowych lub niewykorzystanych wyrobów spożywczych z ziemniaków również stanowi duży problem w skali krajowej, a nawet światowej. Zbyt dużo przeterminowanych wyrobów ziemniaczanych, obierek ziemniaczanych, nadpsutych ziemniaków, itp. kierowane jest na składowiska odpadów komunalnych, gdzie następują niekontrolowane procesy fermentacji i metanowej, przyczyniające się m.in. do nadmiernej emisji CH_4 do atmosfery (efekt cieplarniany). Ten niewykorzystany dotąd potencjał energetyczny powinien jak najszybciej zostać spożytkowany poprzez ściśle kontrolowane procesy fermentacji anaerobowej, w prawidłowo zaprojektowanej i optymalnie eksploatowanej nowoczesnej biogazowni rolniczej.

Celem niniejszego opracowania jest przybliżenie polskiemu czytelnikowi zagadnień związanych z energetycznym wykorzystaniem ziemniaków i ich produktów do wytwarzania biogazu, a także podanie wiarygodnych, zweryfikowanych doświadczalnie (badania własne autorów) danych procesowych niezbędnych do obliczeń projektowych związanych z budową lub modernizacją istniejącej biogazowni. Autorzy mają nadzieję że niniejsza pozycja wypełni odczuwalną lukę na rynku wydawniczym dotyczącą tego ważnego zagadnienia i przyczyni się do rozwoju sektora bioenergetycznego w Polsce.

ISBN: **********

Egzemplarz bezpłatny

Jan Cebula i inni

Ziemniaki i ich odpady w wytwarzaniu biogazu

PROGRAM STRATEGICZNY NCBiR

Zaawansowane technologie pozyskiwania energii

Zadanie Badawcze nr 4 Programu Strategicznego

Ziemniaki i ich odpady w wytwarzaniu biogazu

Jan Cebula

Jolanta Bohdziewicz, Alina Juśko

Krzysztof Piotrowski, Anna Dudek

Thank You for attention