

**Piotr Adamczyk**

Katedra Ekonomii i Polityki Gospodarczej  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## **Substytucyjność czynników produkcji w przemyśle spożywczym w Polsce**

### **Wstęp**

Zgodnie z teorią produkcji, przedsiębiorstwo dążąc do maksymalizacji zysku wybiera taką kombinację czynników produkcji, która pozwoli uzyskać pożądaną jej poziom przy możliwie najniższych nakładach tych czynników. Określenie właściwych proporcji nakładów czynników wytwórczych jest zatem kluczowym zagadnieniem z punktu widzenia osiągnięcia zamierzonej efektywności produkcji.

Celem opracowania jest określenie współczynników elastyczności produkcji względem poszczególnych czynników wytwórczych oraz zbadanie, jak kształtują się możliwości wzajemnego zastępowania czynników wytwórczych w procesie produkcji. Badanie przeprowadzono w oparciu o dane Głównego Urzędu Statystycznego dotyczące podmiotów zatrudniających co najmniej 49 osób. Analizą objęto 26 klas i grup Europejskiej Klasyfikacji Działalności (EKD) zaliczanych do działu produkcja artykułów spożywczych i napojów (15.1). Jako okres badawczy przyjęto lata 2003–2007. Do określenia elastyczności produkcji względem czynników wytwórczych wykorzystano funkcję produkcji typu Cobba-Douglasa. Parametry funkcji oszacowano klasyczną metodą najmniejszych kwadratów po wcześniejszym sprowadzeniu funkcji potęgowej do postaci liniowej. Z kolei możliwości substytucji czynników produkcji w przemyśle spożywczym określono przy wykorzystaniu krańcowej stopy substytucji.

### **Funkcja produkcji jako narzędzie analizy procesu produkcyjnego**

Funkcja produkcji jest najczęściej określana jako relacja, która wyraża zależność między nakładami czynników produkcji w pewnym procesie a ilo-

ścią lub wartością wytworzonego produktu<sup>1</sup>, przy czym określenie nakładów w procesie produkcyjnym bywa czasem zawężane do pracy żywej i uprzedmiotowionej<sup>2</sup>. W dostępnych opracowaniach często można znaleźć rozszerzenie tej podstawowej definicji. Na przykład G. Juszcak-Szumacher stwierdza<sup>3</sup>, że funkcja ta wyraża relacje nie tylko między wielkością wyniku i nakładów niezbędnych do jego osiągnięcia, ale również związki między samymi nakładami. Inni autorzy<sup>4</sup> zwracają uwagę, że funkcja produkcji mierzy relacje o charakterze techniczno-organizacyjnym zachodzące między nakładami czynników produkcji a wytworzonym lub potencjalnym produktem.

Zgodnie z teorią ekonomii, określona funkcja produkcji i jej postać matematyczna powinny spełniać następujące warunki<sup>5</sup>:

- produkcyjność krańcowa danego czynnika produkcji jest dodatnia, tzn., że zwiększanie nakładów przynosi wzrost produkcji (warunek ten jest spełniony, jeżeli pochodne cząstkowe pierwszego rzędu względem występujących w modelu czynników produkcji są dodatnie),
- produkcyjność krańcowa danego czynnika jest malejąca względem nakładów tego czynnika, tzn., że krańcowe przyrosty produkcji maleją w miarę wzrostu nakładów tego czynnika przy założeniu, że nakłady drugiego czynnika nie zmieniają się (warunek ten jest spełniony, jeżeli pochodne cząstkowe drugiego rzędu względem występujących w modelu czynników produkcji są ujemne),
- produkcyjność krańcowa jednego czynnika rośnie w miarę zwiększania nakładów drugiego czynnika,
- funkcja  $f$  jest jednorodna, tzn. wzrost czynników produkcji w określonej proporcji  $t$  powoduje wzrost produkcji w proporcji  $t^k$  dla każdego  $t > 0$  (parametr  $k$  określa stopień jednorodności; dla funkcji jednorodnej elastyczność skali produkcji<sup>6</sup> jest stała i równa stopniowi jednorodności),
- czynniki produkcji są wzajemnie zastępowalne, a miarą stopnia substytucyjności jest krańcowa stopa substytucji.

<sup>1</sup>Zob. np.: Chmiel J., 1983: *Analiza procesu produkcyjnego za pomocą funkcji produkcji Cobb-Douglasa*. PWN, Warszawa, s. 97 lub Gruszczyński M., Podgórska M., 2000: *Ekonometria*. SGH, Warszawa, s. 148.

<sup>2</sup>Pawłowski Z., 1966: *Ekonometria*. PWN, Warszawa, s. 202.

<sup>3</sup>Zob. Juszcak-Szumacher G., 1996: *Makroekonometryczna analiza procesu produkcyjnego*. Wyd. UŁ, Łódź.

<sup>4</sup>Sztaudynger J.J., 2003: *Modyfikacje funkcji produkcji i wydajności pracy*. Wyd. UŁ, Łódź lub Welfe W., Welfe A., 2004: *Ekonometria stosowana*. PWE, Warszawa.

<sup>5</sup>Gruszczyński M., Podgórska M., op.cit., s. 149–151.

<sup>6</sup>Elastyczność skali produkcji określa procentowy wzrost produkcji, gdy nakład czynników produkcji wzrośnie o 1%.

Funkcja produkcji, na szerszą skalę, znajduje zastosowanie w badaniach empirycznych od 1928 r., kiedy to C.W. Cobb i P.H. Douglas, wykorzystując funkcję potęgową, opublikowali wyniki prac nad prawidłowościami zachodzącymi między zmianami wartości produkcji a wartością zastosowanego kapitału i liczbą zatrudnionych pracowników<sup>7</sup>. W badaniach tych wykorzystano funkcję w postaci:

$$P = bL^k C^{1-k}$$

gdzie parametr  $b$  oznaczał stałą funkcji, natomiast parametr  $k$  elastyczność produkcji względem nakładów pracy. Ponadto zakładano jednorodność funkcji stopnia pierwszego, a więc występowanie stałych korzyści skali.

Uniwersalną formułę funkcji produkcji, nadającą się do wykorzystania zarówno w badaniach makro-, jak i mikroekonomicznych, stworzył R.M. Solow<sup>8</sup>. Uznał on, że produkt ( $Y$ ) zależy od nakładów kapitału ( $K$ ), nakładów pracy ( $L$ ) oraz od dostępnej aktualnie technologii ( $A$ ), która występuje w roli wskaźnika całkowitej produktywności czynników wytwórczych.

Zapisując powyższe założenia w postaci funkcji Cobba-Douglasa, otrzymujemy:

$$Y = AK^\delta L^{1-\delta} \quad 0 < \delta < 1$$

gdzie:

- $Y$  – wielkość produkcji,
- $K$  – nakłady kapitału,
- $L$  – nakłady pracy,
- $\delta$  – elastyczność produkcji względem nakładów kapitału,
- $1 - \delta$  – elastyczność produkcji względem nakładów pracy,
- $A$  – łączna produktywność czynników produkcji, której zmiany są wynikiem postępu technicznego.

W równaniu tym wykładnik  $\delta$  wyraża elastyczność produktu względem kapitału, a wykładnik  $(1 - \delta)$  elastyczność produktu względem pracy. Ponieważ wagi  $\delta$  oraz  $1 - \delta$  sumują się do jedności, oznacza to, że funkcja ta jest funkcją produkcji o stałych przychodach względem skali.

<sup>7</sup>Opublikowano wówczas pracę: Cobb C.W., Douglas P.H., 1928: *A Theory of Production*. American Economic Review, Vol. 18, March. Warto jednak zauważyć, że już znacznie wcześniej ekonomiści podejmowali próby opisu zależności wielkości produkcji od ponoszonych nakładów. Przegląd najważniejszych dokonań w tym zakresie można znaleźć np. w pracy: Humphrey T.M., 1997: *Algebraic Production Functions and Their Uses Before Cobb-Douglas*. Economic Quarterly, Vol. 83, Winter.

<sup>8</sup>Szerzej na ten temat w pracy: Solow R.M., 1957: *Technical Change and Aggregate Production Function*. Review of Economics and Statistics, Vol. 39, August.

Ponieważ nie ma prostego sposobu zmierzenia  $A$ , wielkość tę należy traktować jako miarę tej części zmiany produkcji, której nie można wytłumaczyć za pomocą zmian ilości mierzalnych nakładów kapitału i pracy. Określa się ją jako tzw. resztę Solowa<sup>9</sup>.

W literaturze można znaleźć wiele modyfikacji formuły opisanej przez Solowa. Najczęściej polegają one na wprowadzeniu do modelu dodatkowych zmiennych lub przyjęciu założenia, że funkcja jest jednorodna, ale stopień jednorodności jest różny od jedności. Ponieważ funkcje te odbiegają od pierwowzoru, dla odróżnienia zwykło się nazywać je funkcjami typu Cobba-Douglasa<sup>10</sup>.

W badaniach empirycznych najczęściej wykorzystuje się funkcję o postaci liniowej i potęgowej. Do grona najpopularniejszych należy również zaliczyć funkcję typu CES (*constant elasticity of substitution*), translogarytmiczną oraz funkcje dynamiczne.

Estymacji parametrów funkcji produkcji, w zależności od postaci analitycznej, dokonuje się przy zastosowaniu wielu różnych metod<sup>11</sup>, ale najczęściej w badaniach empirycznych wykorzystywana jest najprostsza klasyczna metoda najmniejszych kwadratów.

W typowej, dwuczynnikowej funkcji produkcji zmienną zależną jest wielkość produkcji, a zmiennymi objaśniającymi nakłady pracy i majątek produkcyjny. We współczesnych analizach coraz większą wagę przywiązuje się do uwzględniania nie tylko ilości ponoszonych nakładów, ale także ich jakości. W badaniach empirycznych wykorzystuje się co najmniej kilka miar reprezentujących efekt procesu produkcyjnego. Najczęściej w celu oceny efektywności danego układu gospodarczego proponuje się wyrażanie wielkości produkcji za pomocą wartości dodanej brutto, będącej sumą produkcji czystej i amortyzacji. Miernik ten określa w sposób syntetyczny efekt własnej działalności przedsiębiorstwa. Zawiera wartość nowo wytworzoną, odpowiadającą pracy żywej oraz wartości uprzedmiotowionej w zużytych trwałych środkach produkcji. Innymi, możliwymi do zastosowania kategoriami są produkcja czysta lub produkcja sprzedana. Zdaniem niektórych autorów, ostatnia ze wspomnianych wielkości odzwierciedla raczej zapotrzebowanie zgłaszane na produkty i z tego względu jest mało przydatna do analizy efektów działalności produkcyjnej.

Wśród autorów licznych publikacji dotyczących wykorzystania funkcji produkcji w badaniach empirycznych nie ma również jednomyślności co do

---

<sup>9</sup>Snowdon B., Vane H., Wynarczyk P., 1998: *Współczesne nurty teorii makroekonomii*. PWN, Warszawa, s. 328–333.

<sup>10</sup>Chmiel J., op.cit., s. 97–102.

<sup>11</sup>Zob. np. prace: Żółtowska, E., 1997: *Funkcje produkcji, teoria, estymacja, zastosowania*. Wyd. UŁ, Łódź oraz Kokoszkiewicz A., Kolupa M., 1994: *Funkcja produkcji typu Cobba-Douglasa jako narzędzie zarządzania firmą*. Wyd. WszMiZ, Warszawa.

sposobu wyrażania nakładów kapitału. Dodatkowym problemem może okazać się uwzględnienie wieku majątku trwałego oraz wpływu postępu technicznego, dzięki któremu nowe środki trwałe stają się bardziej produktywne.

W wielu opracowaniach zaleca się, aby mierniki środków trwałych przedstawiały ich wartość odtworzeniową, tzn. uwzględniały amortyzację, dlatego najczęściej wykorzystuje się kategorię wartości brutto środków trwałych<sup>12</sup>. Zakłada się przy tym, że efektywność majątku trwałego maleje wprawdzie w kolejnych okresach użytkowania, jednak nie w stopniu wynikającym z szybkości jego amortyzacji. Wartość użytkowa majątku trwałego jest na ogół większa od wartości netto. Chcąc uwzględnić stopień nowoczesności majątku produkcyjnego, zwłaszcza w badaniach porównawczych, niekiedy wykorzystuje się kategorię środków trwałych netto. Im mniejsza jest wartość netto środków trwałych w stosunku do wartości brutto, tym starszy jest analizowany zasób. W literaturze proponuje się jednak inne sposoby rozwiązania tego problemu, np. przez rozłączne traktowanie majątku należącego do różnych generacji<sup>13</sup>. Bez względu na wykorzystywaną w badaniu miarę nakładów kapitału, powinno się stosować wartości uśrednione dla danego roku.

Znacznie mniej skomplikowane wydaje się ujęcie w funkcji produkcji nakładów pracy, chociaż tego również można dokonać na kilka sposobów. Najprostszym jest ich wyrażenie za pomocą liczby zatrudnionych lub liczby godzin przepracowanych przez zatrudnionych. W praktyce jednak rzadko istnieje możliwość dostępu do ewidencji czasu pracy, natomiast wykorzystanie liczby osób zatrudnionych jako nakładów pracy w funkcji produkcji może prowadzić do błędów wynikających ze zmieniającego się w czasie stopnia ich wykorzystania. Ponadto, miernik ten nie pozwala na odzwierciedlenie aspektu jakościowego ponoszonych nakładów. W tym kontekście wydaje się, że lepszą od liczby zatrudnionych miarą nakładów pracy są kategorie kosztowe (wynagrodzenia lub koszty pracy). Innym sposobem ujęcia jakości zasobów siły roboczej jest konstruowanie arbitralnych mierników przyporządkowujących jakość pracy wykształceniu lub stażowi pracy. W praktyce stosowany miernik w największym stopniu zależy od zakresu dostępnych danych i ich szczegółowości.

Znajomość funkcji produkcji pozwala na określenie najtańszego sposobu wytworzenia danej liczby jednostek produktu, a tym samym umożliwia minimalizację jednostkowego kosztu produkcji. Pomaga też w uzyskaniu informacji, jaką maksymalną ilość produktu można wytworzyć, aby koszty produkcji nie przekroczyły określonej kwoty w sytuacji, gdy znane są ceny nakładów.

---

<sup>12</sup>Zob. np. Nowak E., 2001: *Metody statystyczne w analizie działalności przedsiębiorstwa*. PWE, Warszawa, s. 176–188.

<sup>13</sup>Zob. Welfe A., 2003: *Ekonometria: metody i ich zastosowanie*. PWE, Warszawa.

Problem optymalizacji kombinacji nakładów czynników wytwórczych jest rozwiązywany przez połączenie relacji technologicznych ilustrowanych przez izokwanty produkcji i relacji rynkowych ilustrowanych przez krzywe jednakowego kosztu<sup>14</sup>. W badaniach o charakterze makroekonomicznym stosowanie funkcji produkcji napotyka wiele problemów związanych z agregacją danych, lecz mimo to jest ona często wykorzystywana do opisu procesu wytwórczego w skali całej gospodarki.

## Funkcja produkcji w przemyśle spożywczym w Polsce

Jak wspomniano we wstępie, w opracowaniu wykorzystano funkcję produkcji postaci potęgowej, a do oszacowania jej parametrów zastosowano klasyczną metodę najmniejszych kwadratów. Jako miarę produkcji przyjęto kategorię produkcji sprzedanej. Nakłady pracy określono jako iloczyn przeciętnego zatrudnienia i przeciętnego rocznego wynagrodzenia brutto. Jako zmienną objaśniającą będącą odzwierciedleniem nakładów kapitału przyjęto kategorię wartości brutto środków trwałych. Sposób określenia wielkości produkcji oraz nakładów pracy i kapitału został podyktowany dostępnością odpowiednich danych.

Stwierdzono, że w okresie objętym badaniem jedynie w latach 2006–2007 parametry funkcji dla obu zmiennych objaśniających okazały się statystycznie istotne. W pozostałych przypadkach parametr dla nakładów kapitału był statystycznie nieistotny na poziomie  $\alpha = 0,05$ . Dlatego też w dalszej części badania wykorzystano tylko funkcje produkcji dla lat 2006 i 2007. (odpowiednio model FP 2006 i model FP 2007). Wydaje się, że otrzymane wyniki można tłumaczyć niższym od pełnego stopniem wykorzystania mocy produkcyjnych. Ponadto, zmienna objaśniająca przyjęta do określenia nakładów kapitału nie odzwierciedla wystarczająco dobrze faktycznie ponoszonych nakładów, gdyż wyraża raczej dostępne, a nie wykorzystywane zasoby kapitału.

Z dokonanych oszacowań wynika, że w latach 2006–2007 elastyczność produkcji była większa względem nakładów pracy niż nakładów kapitału (tab. 1). Oznacza to, że większe przyrosty produkcji można było osiągnąć przez zwiększanie nakładów pracy. W przypadku funkcji produkcji oszacowanej na podstawie danych z 2006 r. wzrost nakładów pracy o 1% skutkowałby wzrostem produkcji o blisko 0,7%. W 2007 r. współczynnik elastyczności produkcji względem nakładów pracy uległ obniżeniu do 0,58. Z kolei wzrost nakładów kapitału o 1% powodował wzrost produkcji o ok. 0,36% w 2006 r. i ok. 0,45% w 2007 r.

---

<sup>14</sup>Jajuga K. (red.), 1998: *Ekonometria. Metody i analiza problemów ekonomicznych*. Wyd. AE we Wrocławiu, Wrocław, s. 76.

**Tabela 1**

Oszacowania parametrów funkcji produkcji w przemyśle spożywczym w Polsce

Zmienna objaśniająca	Współczynnik	Błąd standardowy	p-value
Model FP 2006 $R^2 = 0,946$			
Stała	4,259	0,384	0,001
Zmienna $x_1$ (nakłady pracy)	0,698	0,174	0,001
Zmienna $x_2$ (nakłady kapitału)	0,360	0,161	0,035
Model FP 2007 $R^2 = 0,936$			
Stała	4,313	0,410	0,002
Zmienna $x_1$ (nakłady pracy)	0,580	0,176	0,003
Zmienna $x_2$ (nakłady kapitału)	0,452	0,163	0,011

Źródło: Obliczenia własne.

Warto również zwrócić uwagę, że w obu przypadkach suma współczynników elastyczności produkcji względem wszystkich czynników produkcji jest większa od 1, co oznacza, że produkcja wzrastała w tempie szybszym niż nakłady. Można zatem mówić o rosnącej efektywności produkcji w przemyśle spożywczym.

## Produkcyjność krańcowa czynników produkcji w przemyśle spożywczym

W badaniach ekonomicznych rachunek marginalny odgrywa istotną rolę, gdyż pozwala ocenić, jak zmienia się poziom danej zmiennej na jednostkę przyrostu innej zmiennej. Przyrost krańcowy określa, o ile przeciętnie jednostek wzrasta wartość zmiennej zależnej, obliczona na podstawie modelu ekonometrycznego dla danej wartości zmiennej niezależnej, gdy ta zmienna niezależna zwiększa się o jednostkę, a wartość pozostałych zmiennych jest stała<sup>15</sup>.

W przypadku funkcji potęgowej z dwiema zmiennymi objaśniającymi przyrosty krańcowe obliczane są jako pochodna cząstkowa funkcji produkcji względem poszczególnych czynników według następujących wzorów<sup>16</sup>:

$$PK_{x_1} = b_0 \cdot b_1 x_1^{b_1-1} \cdot x_2^{b_2}$$

$$PK_{x_2} = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot b_2 x_2^{b_2-1}$$

<sup>15</sup>Borkowski B., Dudek H., Szczesny W., 2003: *Ekonometria – wybrane zagadnienia*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 167.

<sup>16</sup>Ibidem, s. 168.

Stwierdzono, że w przemyśle spożywczym w Polsce, w zależności od branży, przy stałym poziomie wartości brutto środków trwałych wzrost nakładów pracy o 1 zł powodował wzrost wartości produkcji od 5,70 do 10,79 zł w 2006 r. oraz od 4,68 do 10,25 zł w 2007 r. (tab. 2).

**Tabela 2**

Przyrosty krańcowe produkcji względem nakładów pracy i nakładów kapitału w przemyśle spożywczym w Polsce obliczone na podstawie oszacowanych modeli [w zł]

Wyszczególnienie	Przyrosty produkcji względem nakładów pracy		Przyrosty produkcji względem nakładów kapitału	
	2006	2007	2006	2007
Prod. mięsa z wyłączeniem drobiu	8,01	6,43	0,80	1,02
Produkcja mięsa z drobiu i królików	7,24	5,79	0,82	1,09
Produkcja wyrobów z mięsa	7,35	5,69	0,86	1,15
Przetwarzanie i konserwowanie ryb	6,90	5,39	0,84	1,16
Przetw. i konserwowanie ziemniaków	6,81	5,62	0,81	1,05
Produkcja soków z owoców i warzyw	8,63	7,35	0,54	0,78
Przetw. i konserw. owoców i warzyw	7,82	6,31	0,76	1,00
Produkcja olejów i tłuszczów	8,24	7,07	0,55	0,78
Przetwórstwo mleka i wyrób serów	8,89	7,29	0,67	0,88
Produkcja lodów	7,31	5,73	0,64	0,99
Wytw. produktów przemiału zbóż	8,99	7,83	0,49	0,71
Wytwarzanie skrobi i prod. skrobiowych	8,07	7,27	0,45	0,69
Produkcja gotowych pasz dla zwierząt	7,62	6,23	0,75	0,99
Prod. pieczywa i wyr. ciastk. świeżych	6,85	5,35	0,95	1,22
Produkcja wyrobów piekarskich i ciastkarskich o przedłużonej trwałości	7,31	6,05	0,74	0,99
Produkcja cukru	10,00	9,62	0,45	0,57
Prod. kakao, czekolady i wyr. cukiern.	8,16	6,59	0,69	0,94
Produkcja makaronów	5,70	4,74	0,89	1,19
Przetwórstwo herbaty i kawy	7,56	6,36	0,61	0,88
Produkcja przypraw	5,99	4,68	0,94	1,29
Prod. odżywek i żywności dietetycznej	6,28	5,48	0,74	0,99
Produkcja napojów alkoholowych	7,50	6,69	0,66	0,84
Produkcja alkoholu etylowego	6,68	5,75	0,68	0,95
Produkcja jabłecznika i win owocowych	6,65	6,85	0,59	0,68
Produkcja piwa	10,79	10,25	0,42	0,54
Produkcja wód miner. i napojów bezalk.	8,81	7,19	0,57	0,83

Źródło: Obliczenia własne.



Najwyższą produktywność krańcową czynnika praca zarówno w 2006, jak i 2007 r. zaobserwowano w produkcji piwa i cukru. Na drugim biegunie znalazły się produkcja makaronów i przypraw.

Z kolei przy stałej wartości nakładów pracy wzrost nakładów kapitału o 1 zł powodował wzrost produkcji w przedziale od 0,42 do 0,95 zł w 2006 r. i od 0,54 do 1,29 zł w 2007 r. Najwyższą produktywnością krańcową kapitału charakteryzowały się podmioty produkujące pieczywo i przyprawy, najniższą zaś producenci piwa i cukru.

## Substytucja czynników produkcji w przemyśle spożywczym w Polsce

Określoną wielkość produkcji można uzyskać stosując różne kombinacje nakładów czynników produkcji, zatem w procesie produkcji istnieje możliwość zastępowania jednego z czynników innym bez konieczności zmniejszania rozmiarów produkcji. Substytucyjność czynników produkcji jest mierzona krańcową stopą substytucji, rozumianą jako stosunek przyrostu nakładów pierwszego czynnika do jednostkowego przyrostu nakładów drugiego czynnika przy danej ilości wytworzonego produktu<sup>17</sup>. Jest ona obliczana według następujących wzorów:

$$KSS_{x_1x_2} = -\frac{PK_{x_1}}{PK_{x_2}}$$

$$KSS_{x_2x_1} = -\frac{PK_{x_2}}{PK_{x_1}}$$

gdzie:

$KSS_{x_1x_2}$  – krańcowa stopa substytucji czynnika  $x_1$  względem czynnika  $x_2$ ,

$KSS_{x_2x_1}$  – krańcowa stopa substytucji czynnika  $x_2$  względem czynnika  $x_1$ ,

$PK_{x_1}$  – produktywność krańcowa względem czynnika  $x_1$ ,

$PK_{x_2}$  – produktywność krańcowa względem czynnika  $x_2$ .

Krańcowa stopa substytucji czynnika  $x_1$  względem czynnika  $x_2$ , czyli zastępowanie czynnika  $x_1$  czynnikiem  $x_2$ , określa, jaki nakład czynnika  $x_2$  musi być

<sup>17</sup>Milewski R. (red.), 2002: *Podstawy ekonomii*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 184.

wprowadzony w miejsce wycofanej jednostki nakładu czynnika  $x_1$ , aby produkcja pozostała na tym samym poziomie. W przypadku krańcowej stopy substytucji czynnika  $x_2$  względem czynnika  $x_1$  nakład czynnika  $x_2$  ulega zmniejszeniu, a nakład czynnika  $x_1$  zwiększeniu. Zgodnie z przyjętymi w opracowaniu oznaczeniami,  $KSS_{x_1, x_2}$  stanowi odzwierciedlenie substytucji pracy kapitałem, a  $KSS_{x_2, x_1}$  zastępowania nakładów kapitału nakładami pracy.

Przesuwając się w dół po krzywej jednakowego produktu krańcowa stopa substytucji maleje, gdyż w miarę spadku nakładów jednego czynnika i wzrostu nakładów drugiego coraz trudniej jest zastępować pierwszy czynnik tym drugim. Przy ciągłym zwiększaniu nakładów jednego z czynników maleje jego produkt krańcowy, co wynika z prawa malejących przychodów.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że poszczególne gałęzie przemysłu spożywczego istotnie różnią się od siebie pod względem możliwości i celowości zastępowania czynników wytwórczych. Ponadto stwierdzono, że krańcowa stopa substytucji pracy przez kapitał jest większa niż w sytuacji zastępowania kapitału przez pracę (tab. 3). Oznacza to, że utrzymanie produkcji na dotychczasowym poziomie wymaga większych dodatkowych nakładów drugiego czynnika w przypadku zmniejszenia nakładów pracy niż wówczas, gdy zmniejszane są nakłady kapitału<sup>18</sup>.

Zmniejszenie nakładów pracy o jednostkę wymaga największego wzrostu nakładów kapitału w celu utrzymania dotychczasowego poziomu produkcji w przypadku przedsiębiorstw zajmujących się produkcją piwa i cukru. Wynika to z dużego nasycenia procesu produkcyjnego nakładami kapitału, czemu towarzyszy relatywnie niska, na tle innych gałęzi, produkcyjność krańcowa tego czynnika. Można w tym przypadku stwierdzić, że proces substytucji pracy przez kapitał jest na tyle zaawansowany, że jego kontynuacja z ekonomicznego punktu widzenia nie jest uzasadniona. Zastępowanie czynnika wytwórczego praca kapitałem wydaje się najbardziej celowe w przypadku producentów przypraw, makaronów oraz pieczywa i wyrobów ciastkarskich, gdyż krańcowa produkcyjność pracy jest w tych branżach relatywnie niska. Substytucja czynników wytwórczych powinna być jednak dokonywana z uwzględnieniem specyfiki danej produkcji.

## Podsumowanie

Znajomość zależności między wielkością produkcji a wielkościami czynników wytwórczych niezbędnych do jej wytworzenia pozwala na wyznaczenie kombinacji nakładów czynników produkcji maksymalizującej jej wielkość lub

<sup>18</sup>Obliczanie krańcowej stopy substytucji na podstawie produkcyjności krańcowej wyrażonej w jednostkach pieniężnych wymaga założenia, że relacja cen pracy i kapitału nie zmienia się.

**Tabela 3**

Krańcowa stopa substytucji w przemyśle spożywczym w Polsce obliczona na podstawie oszacowanych modeli

Wyszczególnienie	$KSS_{x_1x_2}$		$KSS_{x_2x_1}$	
	2006	2007	2006	2007
Prod. mięsa z wyłączeniem drobiu	-10,05	-6,33	-0,10	-0,16
Produkcja mięsa z drobiu i królików	-8,83	-5,32	-0,11	-0,19
Produkcja wyrobów z mięsa	-8,58	-4,95	-0,12	-0,20
Przetwarzanie i konserwowanie ryb	-8,26	-4,66	-0,12	-0,21
Przetw. i konserwowanie ziemniaków	-8,39	-5,37	-0,12	-0,19
Produkcja soków z owoców i warzyw	-15,96	-9,44	-0,06	-0,11
Przetw. i konserw. owoców i warzyw	-10,30	-6,30	-0,10	-0,16
Produkcja olejów i tłuszczów	-15,02	-9,01	-0,07	-0,11
Przetwórstwo mleka i wyrób serów	-13,25	-8,29	-0,08	-0,12
Produkcja lodów	-11,46	-5,79	-0,09	-0,17
Wytw. produktów przemiału zbóż	-18,23	-11,00	-0,05	-0,09
Wytwarzanie skrobi i prod. skrobiowych	-17,78	-10,55	-0,06	-0,09
Produkcja gotowych pasz dla zwierząt	-10,13	-6,28	-0,10	-0,16
Prod. pieczywa i wyr. ciastk. świeżych	-7,21	-4,40	-0,14	-0,23
Produkcja wyrobów piekarskich i ciastkarskich o przedłużonej trwałości	-9,94	-6,12	-0,10	-0,16
Produkcja cukru	-22,38	-16,96	-0,04	-0,06
Prod. kakao, czekolady i wyr. cukiern.	-11,79	-6,98	-0,08	-0,14
Produkcja makaronów	-6,39	-3,96	-0,16	-0,25
Przetwórstwo herbaty i kawy	-12,41	-7,20	-0,08	-0,14
Produkcja przypraw	-6,35	-3,62	-0,16	-0,28
Prod. odżywek i żywności dietetycznej	-8,52	-5,54	-0,12	-0,18
Produkcja napojów alkoholowych	-11,33	-7,96	-0,09	-0,13
Produkcja alkoholu etylowego	-9,83	-6,07	-0,10	-0,16
Produkcja jabłecznika i win owocowych	-11,27	-10,06	-0,09	-0,10
Produkcja piwa	-25,67	-18,84	-0,04	-0,05
Produkcja wód miner. i napojów bezalk.	-15,38	-8,66	-0,07	-0,12

Źródło: Obliczenia własne.

minimalizującej koszty przy danym poziomie produkcji. W okresie transformacji gospodarczej w Polsce można było zaobserwować zjawisko substytucji nakładów czynników produkcji polegające na zastępowaniu czynnika wytwórczego pracą kapitałem. Proces ten nie ominął również przemysłu spożywczego.

Na podstawie wyników oszacowań parametrów funkcji produkcji dla przemysłu spożywczego można jednak wnioskować, że zastępowanie pracy kapitałem jest w coraz mniejszym stopniu uzasadnione. Świadczyć o tym może wyższa wartość współczynnika elastyczności produkcji względem pracy niż względem kapitału oraz wyższa produkcyjność krańcowa czynnika wytwórczego praca, co sugeruje, że większe przyrosty produkcji można uzyskać zwiększając nakłady pracy.

Do podobnych wniosków prowadzi analiza krańcowej stopy substytucji w poszczególnych gałęziach przemysłu spożywczego. W wielu przypadkach zmniejszenie nakładów pracy o jednostkę wymaga wzrostu nakładów kapitału o kilka, a nawet o kilkanaście jednostek w celu utrzymania dotychczasowego poziomu produkcji.

## Literatura

- BORKOWSKI B., DUDEK H., SZCZESNY W., 2003: Ekonometria – wybrane zagadnienia. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- CHMIEL J., 1983: Analiza procesu produkcyjnego za pomocą funkcji produkcji Cobba-Douglasa. PWN, Warszawa.
- GRUSZCZYŃSKI M., PODGÓRSKA M., 2000: Ekonometria. SGH, Warszawa.
- HUMPHREY T. M., 1997: Algebraic Production Functions and Their Uses Before Cobb-Douglas. *Economic Quarterly*, Vol. 83, Winter.
- JAJUGA K. (red.), 1998: Ekonometria. Metody i analiza problemów ekonomicznych. Wyd. AE we Wrocławiu, Wrocław.
- JUSZCZAK-SZUMACHER G., 1996: Makroekonometryczna analiza procesu produkcyjnego. Wyd. UŁ, Łódź.
- KOKOSZKIEWICZ A., KOLUPA M., 1994: Funkcja produkcji typu Cobba-Douglasa jako narzędzie zarządzania firmą. Wyd. WSzMiZ, Warszawa.
- MILEWSKI R. (red.), 2002: Podstawy ekonomii. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- NOWAK E., 2001: Metody statystyczne w analizie działalności przedsiębiorstwa. PWE, Warszawa.
- PAWŁOWSKI Z., 1966: Ekonometria. PWN, Warszawa.
- SNOWDON B., VANE H., WYNARCZYK P., 1998: Współczesne nurty teorii makroekonomii. PWN, Warszawa.
- SOLOW R.M., 1957: Technical Change and Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, August.
- SZTAUDYNGER J.J., 2003: Modyfikacje funkcji produkcji i wydajności pracy. Wyd. UŁ, Łódź.
- WELFE A., 2003: Ekonometria: metody i ich zastosowanie. PWE, Warszawa.
- WELFE W., WELFE A., 2004: Ekonometria stosowana. PWE, Warszawa.
- ŻÓŁTOWSKA, E., 1997: Funkcje produkcji, teoria, estymacja, zastosowania. Wyd. UŁ, Łódź.

## **The production factors substitution in the food industry sector in Poland**

### **Abstract**

The article presents the results of parameter estimation of production function in food industry in Poland. Author also calculated the marginal productivity of factors of production and used the marginal rate of substitution as a measure of substitution. It was stated that the output elasticity is higher with regard to labour input than to capital input. It means that exist way to obtain bigger growth in production in food industry by increasing labour input. Moreover, in some branches of food industry the value of marginal rate of substitution indicates that decrease of labour input by one unit requires significant increase of capital input in order to maintain the previous level of production.

