

## DYNAMIKA ZMIAN WYBRANYCH CECH TEKSTURALNYCH JABŁEK PODCZAS WTÓRNEGO PRZECHOWYWANIA

*Rafał Nadulski, Tomasz Guz, Karolina Strzałkowska*  
*Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu czasu i temperatury na wybrane cechy teksturalne jabłek podczas wtórnego przechowywania. Jabłka trzech odmian przechowywano w chłodni zwykłej i z kontrolowaną atmosferą, a następnie dodatkowo w komorze chłodniczej. Badania właściwości mechanicznych przeprowadzono przy pomocy aparatu Instron 4302, stosując test przebijania skórki i test penetrometryczny miąższu. Stwierdzono wyraźną zależność pomiędzy analizowanymi właściwościami mechanicznymi jabłek a czasem i warunkami ich dodatkowego przechowywania. Zmiany jędrności miąższu i zmiany odporności skórki na przebicie jabłek z chłodni ULO w zależności od czasu wtórnego przechowywania opisano przy pomocy równań drugiego stopnia. Stwierdzono, że jabłka z chłodni ULO po dodatkowym przechowywaniu przez 20 dni mają dalej jędrność miąższu akceptowalną przez konsumentów ( $F_m > 60$  N).

**Słowa kluczowe:** jabłka, jędrność, wytrzymałość skórki, wtórne przechowywanie

### Wstęp

Jakość owoców staje się głównym czynnikiem decydującym o ich sprzedaży i tym samym o wynikach finansowych producenta. Shewelt [1999] wskazuje na dwa istotne aspekty związane z jakością owoców i warzyw. Pierwszy dotyczy ich produkcji a drugi obejmuje jakość owoców odbieraną przez konsumentów. Jakość jabłek produkowanych w Polsce odbiega od oferowanych przez producentów z innych krajów. W niektórych państwach przy dostawach do supermarketów wprowadzono obowiązek oceny jędrności jabłek [Hoehn i in. 2003]. Badacze [Paull 1999] zwracają uwagę, na fakt, że w wielu przypadkach łańcuch od zbioru owoców, poprzez ich przechowywanie do dystrybucji, daleki jest od ideału. Jakość handlową jabłek i gruszek ustalają standardy zawarte w rozporządzeniu Komisji Unii Europejskiej (WE nr 1619/2001 z dnia 6.08.2001 wraz ze zmianami wprowadzonymi rozporządzeniem Komisji (WE) nr 46/2003). Standard zwraca uwagę przede wszystkim na wielkość, barwę i ordzawienia, natomiast brak jest informacji dotyczących

właściwości teksturalnych owoców. Według badań Stow [1995] konsumenci jabłek jako podstawowy wyróżnik ich jakości wskazują na soczystość, następnie na jędrność, kruchość i kwasowość, a w mniejszym stopniu zwracają uwagę na wygląd skórki i wielkości owoców. Konieczne jest zatem rozszerzenie zakresu badań owoców i opracowanie nowych norm zgodnie z preferencjami konsumentów. Do oceny właściwości teksturalnych jabłek wielu badaczy stosuje tylko jeden parametr, tj. jędrność, co w sposób niedostateczny opisuje ich cechy [Surmacka-Szcześniak 2002].

Termin zbioru owoców decyduje o możliwości ich przechowywania w warunkach chłodniczych [Guz 2006]. W owocach po zbiorze zachodzą nadal procesy życiowe, w tym oddychanie. W chłodni przy niskiej zawartości tlenu następuje zahamowanie procesu oddychania i jabłka mogą być przechowywane nawet do 12 miesięcy. Sposób przechowywania jabłek istotnie wpływa na ich cechy fizyczne i sensoryczne [Nadulski 1996; Krzystofik, Łapczyńska-Kordon 2008; Łapczyńska-Kordon 2008]. Obecnie w warunkach przemysłowych jabłka deserowe najczęściej są przechowywane w warunkach kontrolowanej atmosfery a następnie wprowadzane do obrotu handlowego. Istotna jest, zatem analiza zmian właściwości teksturalnych jabłek po okresie ich składowania w warunkach przemysłowych [Rybczyński 2007].

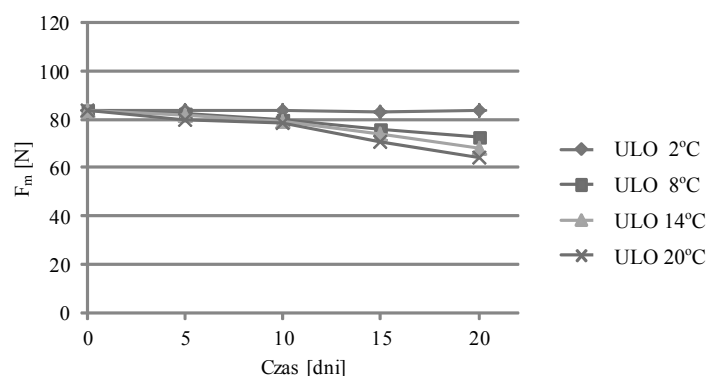
Zasadniczym celem pracy było określenie wpływu czasu i temperatury na wybrane cechy teksturalne jabłek podczas wtórnego przechowywania. Zakres pracy obejmował przechowywanie jabłek w chłodni ULO i zwykłej przez trzy miesiące a następnie przez 20 dni w warunkach chłodniczych. Oznaczono odporność skórki na obciążenia mechaniczne i jędrność miąższu uwzględniając różny czas i temperatury wtórnego przechowywania.

## Material i metody badań

Badania prowadzono w Katedrze Inżynierii i Maszyn Spożywczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie na trzech odmianach jabłek Gloster, Jonagored i Gala ze zbioru z lat 2006-2008. Jabłka pochodziły ze specjalistycznego gospodarstwa sadowniczego należącego do grupy producentów „Stryjno Sad”. Dojrzałość owoców określano na podstawie testu skrobiowego. Jabłka przechowywano w chłodni zwykłej (temperatura 1,7–2,5°C, wilgotność 86–92%), i w chłodni z kontrolowaną atmosferą (temperatura 1,6–2,2°C, zawartość tlenu 1,6% i dwutlenku węgla 2,2%). Po trzech miesiącach jabłka wyjmowano z chłodni i umieszczano w zwykłej komorze chłodniczej w temperaturze 2°C, 8°C, 14°C i 20°C i przechowywano dalej przez 5, 10, 15 i 20 dni. Badania właściwości mechanicznych przeprowadzono przy pomocy aparatu Instron 4302, stosując test przebijania skórki i test penetrometryczny miąższu. W teście przebijania skórki stosowano penetrometr o średnicy 11 mm z końcówką walcową. Z otrzymanej zależności pomiędzy siłą i przemieszczeniem wyznaczano wartość siły  $F_p$  potrzebnej do przebicia skórki owocu. W przypadku testu penetrometrycznego miąższu skórkę usuwano nożem ścinając warstwę ok. 5 mm i obciążano owoc penetrometrem o średnicy 11 mm z końcówką sferyczną. Wykonany pomiar pozwalał na wyznaczenie siły  $F_m$  potrzebnej do zagłębienia penetrometru na głębokość 8 mm. W badaniach wykorzystano oryginalne oprogramowanie firmy Instron, konwersję danych przeprowadzono przy użyciu programu Excell a statystyczną analizę wyników wykonano stosując program Statistica 6 firmy StatSoft.

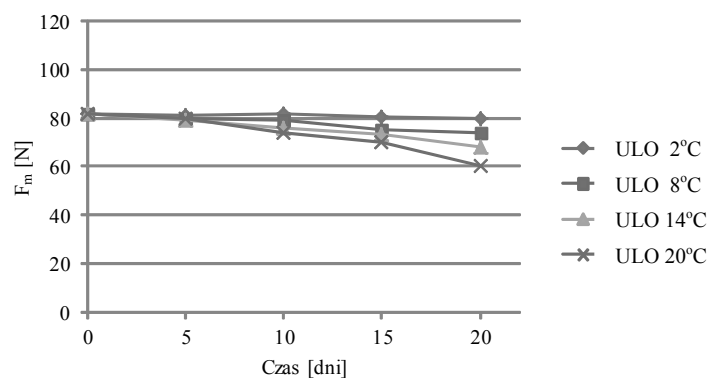
## Analiza wyników badań

Jędrność miąższu  $F_m$  badanych jabłek przechowywanych w chłodni ULO po trzech miesiącach wynosiła od 81,9 N dla odmiany Jonagored do 85,6 N dla odmiany Gala. Jabłka przechowywane w chłodni zwykłej miały zdecydowanie niższą jędrność miąższu  $F_m$  zawierającą się w przedziale od 40,4 N do 46,7 N, natomiast odporność skórki na przebicie wynosiła od 52,8 N do 62,1 N. Dodatkowe przechowywanie jabłek w czasie 20 dni w temperaturach 8°C, 14°C i 20°C powodowało dalsze obniżenie jędrności miąższu  $F_m$  i odporności skórki na przebicie  $F_p$ . Zarejestrowano obniżenie jędrności miąższu  $F_m$  jabłek z chłodni zwykłej podczas wtórnego przechowywania do poziomu poniżej 40 N. Jabłka o takiej jędrności praktycznie nie nadają się do obrotu handlowego [Płocharski i Konopacka 1999]. W związku z tym w dalszej części opracowania omówiono dynamikę zmian badanych właściwości mechanicznych jabłek przechowywanych wyłącznie w chłodni uło. Stwierdzono statystycznie istotny spadek jędrności miąższu  $F_m$  badanych odmian po 15 dniach przechowywania owoców w temperaturze 8°C, 14°C i 20°C. Po 20 dniach przechowywania w temperaturze 20°C jędrność miąższu  $F_m$  wszystkich odmian nadal przekraczała 60 N. Dynamikę zmian jędrności miąższu  $F_m$  podczas wtórnego przechowywania przedstawiono na rys. 1–3.

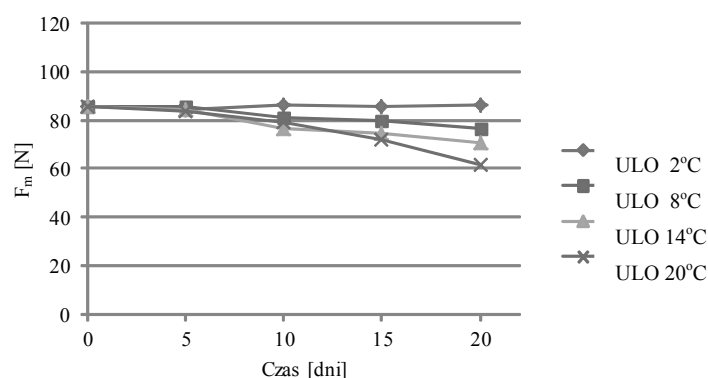


Rys. 1. Dynamika zmian jędrności  $F_m$  odmiany Gloster podczas wtórnego przechowywania  
 Fig. 1. Dynamics of changes in firmness  $F_m$  of Gloster variety during secondary storing

Spadek jędrności miąższu  $F_m$  jabłek przechowywanych w chłodni w temperaturze 20°C w stosunku do wartości początkowej wynosił 22,9% dla odmiany Gloster, 26,1% dla odmiany Jonagored i 27,7% dla odmiany Gala. Analiza statystyczna wykazała brak istotnych różnic jędrności miąższu dla jabłek przechowywanych w różnych temperaturach przez 5 dni. Badane odmiany charakteryzują się wysoką przydatnością do przechowywania.



Rys. 2. Dynamika zmian jędrności  $F_m$  odmiany Jonagored podczas wtórnego przechowywania  
 Fig. 2. Dynamics of changes in firmness  $F_m$  of Jonagored variety during secondary storing



Rys. 3. Dynamika zmian jędrności  $F_m$  odmiany Gala podczas wtórnego przechowywania  
 Fig. 3. Dynamics of changes in firmness  $F_m$  of Gala variety during secondary storing

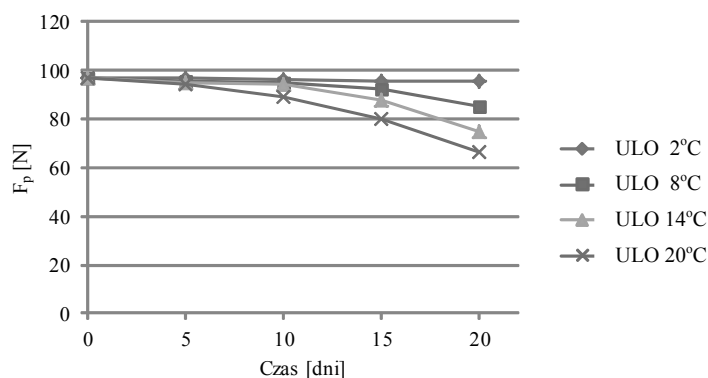
Zależność jędrności miąższu  $F_m$  od czasu przechowywania owoców w różnych temperaturach opisano przy pomocy równań drugiego stopnia (tabela 1). Uzyskano wysokie wartości współczynników determinacji, co wskazuje na dobre dopasowanie krzywych do danych doświadczalnych. W czasie wtórnego przechowywania owoców w temperaturze 2°C nie stwierdzono w ciągu 20 dni zmian jędrności miąższu.

Odporność na przebicie skórki badanych jabłek przechowywanych w chłodni ULO po trzech miesiącach wynosiła od 96,8 N dla odmiany Gloster do 102,2 N dla odmiany Jonagored. Po 15 dniach wtórnego przechowywania owoców w warunkach chłodniczych zarejestrowano statystycznie istotny spadek odporności skórki na przebicie wszystkich badanych odmian jabłek przechowywanych w temperaturze 8°C, 14°C i 20°C. Zakres zmian jest

zróznicowany dla poszczególnych odmian. Największą dynamikę zmian odporności skórki na przebicie zarejestrowano pomiędzy 15 a 20 dniem przechowywania.

Tabela 1. Zależność jędrności miąższu  $F_m$  jabłek od czasu przechowywania  
Table 1. Relation of the flesh firmness  $F_m$  of apples with the storing time

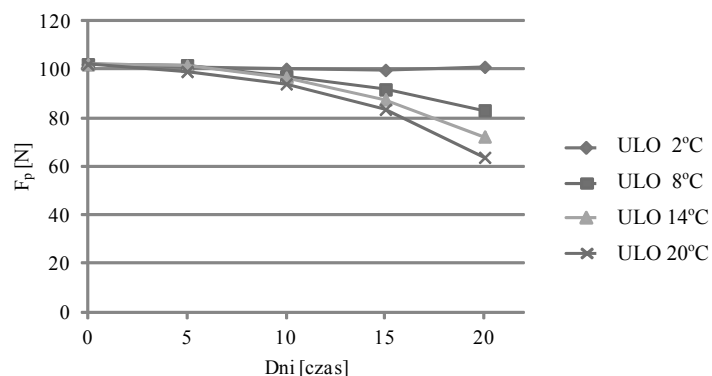
Lp.	Odmiana	Temperatura przechowywania	Równanie	R <sup>2</sup>
1	Gloster	8°C	$F_m = -0,003\tau^2 - 0,347\tau + 81,98$	0,94
2	Gloster	14°C	$F_m = -0,011\tau^2 - 0,414\tau + 81,71$	0,93
3	Gloster	20°C	$F_m = -0,035\tau^2 - 0,355\tau + 81,96$	0,94
4	Jonagored	8°C	$F_m = -0,012\tau^2 - 0,236\tau + 85,97$	0,95
5	Jonagored	14°C	$F_m = 0,002\tau^2 - 0,814\tau + 86,26$	0,93
6	Jonagored	20°C	$F_m = -0,054\tau^2 - 0,0943\tau + 85,06$	0,94
7	Gala	8°C	$F_m = -0,015\tau^2 - 0,2591\tau + 83,74$	0,92
8	Gala	14°C	$F_m = -0,032\tau^2 - 0,1317\tau + 83,47$	0,95
9	Gala	20°C	$F_m = -0,035\tau^2 - 0,2549\tau + 83,22$	0,94



Rys. 4. Dynamika zmian odporności skórki na przebijanie  $F_p$  odmiany Gloster podczas wtórnego przechowywania

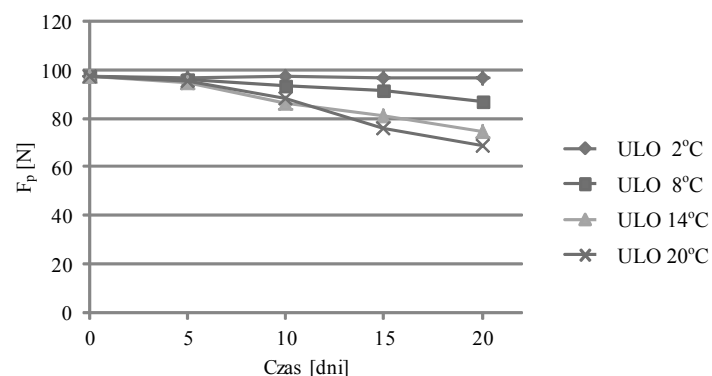
Fig.4 Dynamics of changes in skin resistance to punching  $F_p$  of Gloster variety during secondary storing

Spadek odporności skórki na przebicie  $F_p$  jabłek przechowywanych w chłodni w temperaturze 20°C w stosunku do wartości początkowej wynosił 31,3% dla odmiany Gloster, 36,2% dla odmiany Jonagored i 29,9% dla odmiany Gala.



Rys. 5. Dynamika zmian odporności skórki na przebijanie  $F_p$  odmiany Jonagored podczas wtórnego przechowywania

Fig. 5. Dynamics of changes in skin resistance to punching  $F_p$  of Jonagored variety during secondary storing



Rys. 6. Dynamika zmian odporności skórki na przebijanie  $F_p$  odmiany Gala podczas wtórnego przechowywania

Fig. 6. Dynamics of changes in skin resistance to punching  $F_p$  of Gala variety during secondary storing

Zależność odporności skórki jabłek na przebicie  $F_p$  od czasu przechowywania owoców w różnych temperaturach opisano przy pomocy równań drugiego stopnia (Tabela 2). Uzyskano wysokie wartości współczynników determinacji, co wskazuje na dobre dopasowanie krzywych do danych eksperymentalnych. W czasie wtórnego przechowywania owoców w temperaturze 2°C nie zarejestrowano w ciągu 20 dni zmian odporności skórki jabłek na przebicie. Podczas przechowywania owoców w temperaturze 8°C, 14°C i 20°C największy zakres zmian odporności skórki na przebicie  $F_p$  zaobserwowano w po 20 dniach.

Tabela 2. Zależność odporności skórki jabłek na przebicie  $F_m$  od czasu przechowywania  
 Table 2. Relation of skin resistance of apples to punching  $F_m$  with storing time

Lp.	Odmiana	Temperatura przechowywania [°C]	Równanie	R <sup>2</sup>
1	Gloster	8°C	$F_p = -0,037\tau^2 - 0,199\tau + 96,28$	0,93
2	Gloster	14°C	$F_p = -0,074\tau^2 - 0,018\tau + 96,53$	0,94
3	Gloster	20°C	$F_p = -0,079\tau^2 - 0,557\tau + 95,99$	0,92
4	Jonagored	8°C	$F_p = -0,049\tau^2 - 0,011\tau + 102,39$	0,93
5	Jonagored	14°C	$F_p = -0,095\tau^2 - 0,441\tau + 102,01$	0,94
6	Jonagored	20°C	$F_p = -0,111\tau^2 - 0,381\tau + 101,49$	0,95
7	Gala	8°C	$F_p = -0,015\tau^2 - 0,211\tau + 97,32$	0,94
8	Gala	14°C	$F_p = -0,013\tau^2 - 0,906\tau + 97,97$	0,93
9	Gala	20°C	$F_p = -0,046\tau^2 - 0,614\tau + 98,24$	0,92

Badania dotyczyły trzech odmian jabłek przechowywanych przez trzy miesiące w chłodni zwykłej i uło. Celowe jest rozszerzenie zakresu badań na inne popularne w kraju odmiany oraz wykonanie badań na jabłkach dodatkowo przechowywanych przez 20 dni, ale przy uwzględnieniu różnego czasu, nie tylko przez trzy miesiące, przechowywania w chłodni zwykłej i uło.

### Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Istnieje silna zależność pomiędzy analizowanymi właściwościami mechanicznymi jabłek a czasem i warunkami ich dodatkowego przechowywania. Wraz upływem czasu jędrność miąższu jabłek i odporność skórki na przebicie spada w granicach 22,9–36,2%.
2. Jabłka z chłodni zwykłej przechowywane dodatkowo przez 20 dni wykazywały małą jędrność miąższu i praktycznie nie nadawały się do wprowadzenia do obrotu handlowego.
3. W przypadku jabłek z chłodni uło po 20 dniach przechowywania w różnych temperaturach miąższ miał jędrność powyżej 60 N, co oznacza ich przydatność do obrotu handlowego.

## Bibliografia

- Guz T.** (2006): Komputerowa analiza obrazów w ocenie rozkładu skrobi podczas dojrzewania jabłek. *Inżynieria Rolnicza*, 7(82), 199-207
- Hoehn E., Gasser F., Guggenbühl, Künsch U.** (2003): Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology and Technology*, 27, 27-37.
- Jakubczyk E., Lewicki P. P.** (2003): Właściwości mechaniczne tkanki jabłka w odniesieniu do jej tekstury. *Acta Agrophysica*, 2(3), 549-557.
- Krzysztofik B., Łapczyńska-Kordon B.** (2008): Wpływ sposobów i czasu przechowywania na wybrane cechy sensoryczne jabłek. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 121-128.
- Łapczyńska-Kordon B., Krzysztofik B.** (2008): Wpływ sposobów i czasu przechowywania na wybrane właściwości fizyczne jabłek. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 179-186.
- Nadulski R.** (1996): Wpływ czasu przechowywania na właściwości wytrzymałościowe wybranych odmian jabłek, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 444, 247-252.
- Paull R. E.** (1999): Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 263-277.
- Plocharski W. J., Konopacka D.** (1999): The relation between mechanical and sensory parameters of apples. *Acta Horticulture*, 485, 309-318.
- Rybczyński R.** (2007): Jędrność jabłek w warunkach obrotu handlowego. *Acta Agrophysica*, 10(2), 437-443.
- Rybczyński R., Dobrzański B. jr.** (2002): Fizyczne aspekty pomiaru jędrności jabłek. *Acta Agrophysica*, 69, 75.
- Shewfelt R. L.** (1999): What is quality *Postharvest Biology and Technology*. 15, 197-200.
- Surmacka-Szczesniak A.** (2002): Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.
- Rozporządzenia Komisji (WE) Nr 1619/2001 z dnia 6 sierpnia 2001 r - Jabłka i gruszki.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 46/2003 – zmiany do Rozporządzenia Komisji (WE) Nr 1619/2001 z dnia 6 sierpnia 2001 r.
- StatSoft, Inc. 2003. STATISTICA (data analysis software system), version 6. Stow J. (1995): Quality measurements of apples. *Postharvest News Inform.*, 6, 32N-33N.



## **DYNAMICS OF CHANGES OF THE SELECTED TEXTURAL PROPERTIES OF APPLES DURING SECONDARY STORING**

**Abstract.** Research results concerning the impact of time and temperature on the selected textural properties of apples during secondary storing. Three varieties of apples were stored in a regular cool store and with controlled atmosphere and then additionally in a cooling chamber. Research on mechanical properties was carried out with the use of Instron 4302 apparatus applying the skin punch test and the penetrometric test of flesh. Clear relation between the analysed mechanical properties of apples and time and conditions of additional storing was reported. Changes of the flesh firmness and changes of skin resistance against punching of apples from the ULO cool store depending on the secondary time of storing were described with the use of equations of the second degree. It was found that apples from the ULO cool store after additional storing for 20 days still have the firmness of flesh acceptable by consumers ( $F_m > 60$  N).

**Key words:** apples, firmness, skin resistance, secondary storing

**Adres do korespondencji:**

Rafał Nadulski: e-mail: rafal.nadulski@up.lublin.pl  
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Doświadczalna 44  
20- 236 Lublin