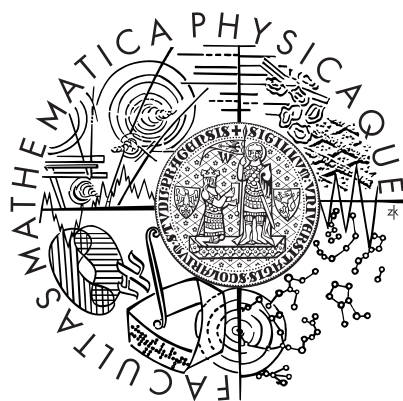


# Vliv kypřicího prášku na nakynutí a chuť cupcaků

Protokol o návrhu a provedení experimentu



Magdalena Hrochová  
Tereza Chlubnová  
Kateřina Janoušková  
Tomáš Masák

Praha 2016

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<b>Návrh experimentu</b>	<b>3</b>
Kódování . . . . .	5
Statistická analýza . . . . .	5
<b>Výsledek experimentu</b>	<b>7</b>
Průběh experimentu . . . . .	7
Výsledná data . . . . .	8
Výsledky analýzy . . . . .	10
<b>Závěr</b>	<b>11</b>
<b>Příloha</b>	<b>12</b>
Recepty . . . . .	12
Banánové cupcakes . . . . .	12
Čokoládové cupcakes . . . . .	13
Vanilkové cupcakes . . . . .	14
Obrázky . . . . .	15

## Úvod

Cupcake je druh dezertu, který se v současné době těší velké oblibě. Má lehkou dortovou texturu třeného těsta, je hladký, oblý a mírně vystouplý nad papírový košíček, ve kterém se peče.

Při výrobě cupcaků dochází k ořezávání přebytků, aby byl dortík rovný a vhodný na navršení krému. Tato ořezaná část se již dá použít pouze na výrobu drobenky, je tedy vhodné ji mít poměrově co nejmenší. Množství ořezané části závisí na nakynutí, které je způsobeno použitím kypřícího prášku.

Kypřící prášek je suché chemické kypřidlo používané ke zvětšení objemu a odlehčení textury pečiva. Kypřící prášek funguje na principu uvolňování oxidu uhličitého do těsta acidobazickou reakcí, čímž vznikají v těstě bublinky a to se tak nakypřuje. Většina komerčně dostupných kypřících prášků se vyrábí ze zásadité složky (typicky hydrogenuhličitanu sodného, čili jedlé sody E500), jedné nebo více kyselých solí a plnidla jako je mouka či škrob. Nyní se na trhu objevil kypřící prášek bez fosfátů, který obsahuje vinný kámen, běžnou jedlou sodu a kukuřičný škrob. Používá se stejně jako běžný kypřící prášek, který obsahuje difosforečnany. Tyto látky jsou zdrojem fosforu, jehož nadbytek může narušit rovnováhu mezi vápníkem a fosforem a zapříčinit tak nedostatek vápníku v těle a úbytek kostní hmoty.

V experimentu chceme zjistit, zda se použitím bezfosfátového prášku změní množství odpadu a chuť cupcaků. Tyto dva ukazatele jsou klíčové pro porovnání vhodnosti různých kypřících prášků. Primárně nám půjde o optimální nakynutí, jelikož za tímto účelem je kypřící prášek použit. Druhotně nás bude zajímat chuť.

V továrně pečeme tři druhy cupcaků - banánový, čokoládový a vanilkový. Na každý cupcake dáváme krém, po řadě čokoládový, ovocný a vanilkový, na kterém není množství odpadu závislé.

# Návrh experimentu

Pro pečení máme k dispozici 2 různé trouby (T1, T2) a v experimentu hodnotíme 3 recepty (R1, R2, R3) a 2 kypřicí prášky (P1, P2). Zadavatel chce pokračovat ve výrobě všech 3 aktuálních druhů cupcaků s jedním či druhým kypřícím práškem, tedy primárním cílem je vyhodnotit vliv kypřícího prášku na nakynutí. Při statistické analýze sice budeme uvažovat model s interakcí receptu a kypřícího prášku, pomocí kterého bude možné určit, jaký kypřicí prášek je vhodný ke každému receptu, přitom ale budeme doufat, že tento model půjde zjednodušit na model bez interakce. Tj. na model, ve kterém efekt kypřícího prášku je stejný pro všechny 3 recepty.

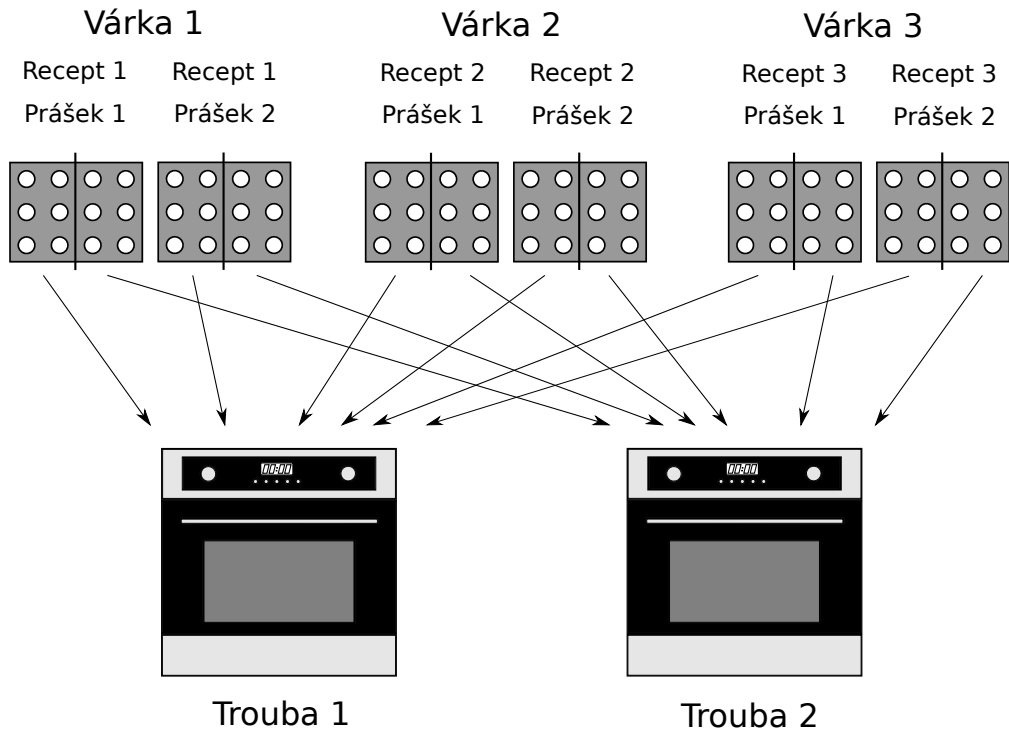
Abychom pokryli všechny kombinace hlavních proměnných (recept, prášek), potřebujeme 6 pozorování. Každou kombinaci budeme mít upečenou v obou troubách, celkově tedy budeme mít 12 pozorování.

Během experimentu provedeme následující postup pro každý ze tří receptů. Umícháme těsto na daný recept jednou s prvním druhem kypřícího prášku a podruhé s druhým druhem kypřícího prášku. Tím nám vzniknou dvě různé kombinace receptu a prášku. Polovinu první směsi a polovinu druhé směsi dáme do první trouby a zbytek obou směsí dáme do druhé trouby. Naráz pečené cupcaky označíme jako várku. Tento postup zopakujeme třikrát, tudíž dostaneme všech šest kombinací receptů a prášků ve třech várkách (V1, V2, V3).

Várku V1 bude tvořit recept R1 spolu s kypřícími prášky P1 a P2 pečené v troubě T1 a T2. Tabulka 1 určuje návrh experimentu, přičemž kód V1-R1-P1-T1 označuje první pečený recept R1 s práškem P1 v troubě T1.

V rámci jednoho pečení v jedné troubě je možné upéct 12 cupcaků (ve formě 3x4). Na jedné polovině plechu, kde byl vždy použitý jeden recept a jeden kypřicí prášek, změříme společný relativní odpad, čili podíl hmotnosti odpadu z těchto 6 cupcaků a jejich celkové původní hmotnosti. Tato měření poslouží jako odezva pro porovnání kypřící schopnosti obou prášků.

Dále budou cupcaky ozdobené krémem odevzdány na chuťové porovnání. Každý respondent dostane vždy dvojici cupcaků, které budou z té samé várky a trouby, ale budou se lišit práškem (tj. budou úplně stejné, až na kypřicí



Tabulka 1: Kódovaný návrh experimentu.

Várka	Trouba	Recept	Prášek
V1	T1	R1	P1
V1	T1	R1	P2
V1	T2	R1	P1
V1	T2	R1	P2
V2	T1	R2	P1
V2	T1	R2	P2
V2	T2	R2	P1
V2	T2	R2	P2
V3	T1	R3	P1
V3	T1	R3	P2
V3	T2	R3	P1
V3	T2	R3	P2

prášek). Respondent po ochutnání obou vyhodnotí, který mu chutná více, případně zda necítí rozdíl. V případě, že nerozpozná rozdíl, bude následně donucen si i přesto vybrat. Tímto způsobem tedy budou získány kategorické (nebo přímo binární) proměnné, na základě kterých budeme vyhodnocovat, jak různé prášky ovlivňují chuť cupcaků.

## Kódování

V následující tabulce 2 je možné najít randomizované překódování, které je nutné znát pro realizaci experimentu. Várky není nutné randomizovat, proto jejich čísla přímo odpovídají pořadí pečení.

Tabulka 2: Kódovaný návrh experimentu.

Kód	Výklad
V1	Várka pečená jako 1.
V2	Várka pečená jako 2.
V3	Várka pečená jako 3.
R1	Recept vanilkový
R2	Recept čokoládový
R3	Recept banánový
P1	Prášek fosfátový
P2	Prášek vinný
T1	Trouba na 5. poschodí
T2	Trouba na 4. poschodí

## Statistická analýza

Pro modelování relativní hmotnosti odpadu  $Y$  použijeme lineární smíšený model, ve kterém bude pevný efekt receptu a prášku, jejich interakce a náhodný efekt trouby. Použitý model je tudíž ve tvaru

$$\begin{aligned}
 Y_{i,j,k} = & \alpha + \beta_2 \mathbb{I}[Ri = R2] + \beta_3 \mathbb{I}[Ri = R3] + \gamma_2 \mathbb{I}[Pj = P2] \\
 & + \delta_2 \mathbb{I}[Ri = R2, Pj = P2] + \delta_3 \mathbb{I}[Ri = R3, Pj = P2] \\
 & + b_1 \mathbb{I}[Tk = T1] + b_2 \mathbb{I}[Tk = T2] + \epsilon_{i,j,k},
 \end{aligned}$$

kde  $\beta_2, \beta_3$  a  $\gamma_2$  jsou konstanty,  $\mathbb{E}(b_k) = 0$ ,  $\text{var}(b_k) = d$  a  $\mathbb{E}(\epsilon_{i,j,k}) = 0$ ,  $\text{var}(\epsilon_{i,j,k}) = \sigma^2$  pro  $i = 1, 2, 3$ ,  $j = 1, 2$  a  $k = 1, 2$ .

Várku nelze uvažovat v modelu jako regresor, jelikož její efekt by byl ztožněný s vlivem receptu. Navíc várku jsme zavedli pouze pro lepší orientaci v návrhu experimentu. Těsta umíchaná ve stejné várce budou připravována odděleně a tudíž by várka neměla mít systematický vliv.

Tabulka 3: Randomizovaná čísla, která budou přidělena cupcakům po pečení.

	T1				T2			
	P1		P2		P1		P2	
V1=R1	21	7	8	15	12	5	10	9
	19	23	16	22	6	4	20	1
	17	13	11	3	2	18	24	14
V2=R2	43	36	45	42	38	30	32	25
	41	40	48	28	34	31	47	39
	44	26	37	35	29	46	33	27
V3=R3	64	70	53	63	66	61	51	58
	60	54	49	69	72	59	71	65
	56	68	67	57	50	52	62	55

Tabulka 4: Spárování cupcaků podle čísel. V každé dvojici (čísla vedle sebe na stejném řádku) je jeden cupcake obsahující prášek 1 a jeden cupcake s práškem 2. Pořadí ve dvojici je randomizováno stejně jako samotné párování.

	T1				T2			
	V1=R1	21	3	22	7	14	12	5
19		11	23	15	6	9	1	4
8		17	16	13	10	2	18	24
V2=R2	43	35	28	36	39	38	30	33
	48	41	37	40	34	47	25	31
	44	45	26	42	29	32	46	27
V3=R3	53	64	70	67	65	66	62	61
	60	49	57	54	55	72	59	58
	63	56	69	68	51	50	52	71

# Výsledek experimentu

## Průběh experimentu

Ve čtvrtek 11. února 2016 se všichni čtyři studenti sešli, aby provedli experiment. O pečení se staraly dvě studentky, přičemž těsto na jednu várku vždy připravily společně, rozdělily na dvě poloviny, přidaly různé prášky a každá naplnila svůj plech půlkou prvního těsta a polovinou druhého těsta. Každá kuchařka se tedy starala o vlastní plech a samotné pečení v troubě, efekt kuchařky byl tedy zahrnut do efektu trouby. Postup pečení byl dle návrhu experimentu, první tedy byly pečené cupcaky vanilkové, po jejich upečení se stejným způsobem upekly i cupcaky čokoládové a nakonec banánové. Doba pečení nebyla fixní, ale vždy byla pro obě trouby stejná – mezi troubami nebyl upozorován rozdíl.

Po upečení každé várky cupcaků došlo (během pečení následující várky) k ořezávání cupcaků a zaznamenávání měření. Tomu byli přítomni všichni studenti a mnohokrát došlo k převážení a kontrole, zda součty hmotností v tabulkách souhlasí. Během ořezávání bylo patrné, že cupcaky s klasickým práškem jsou více nakynuté, a tedy že bezfosfátový prášek má nižší kypřící schopnost. Na druhou stranu se zdálo, že textura cupcaků s bezfosfátovým práškem je mnohem pravidelnější a jemnější, což by mohlo být spjato s hodnocením chuti.

Krémy na ozdobení se dělaly až po upečení a vychladnutí všech cupcaků. Na vanilkové cupcaky se nejprve připravil vanilkový krém, na čokoládové se udělal jahodový z mascarpone a na banánové krém čokoládový. Poté byly cupcaky označeny čísly podle tabulky 3, spárovány podle tabulky 4, dány do lednice a uskladněny do druhého dne.

V pátek 12. února 2016 přinesly dvě studentky všech 72 cupcaků na KPMSE k ochutnávkám. Každý ochutnávající dostal dva cupcaky stejné příchuť, ale s jiným práškem, přičemž mu nebylo známo, který prášek je který. Každý dostal lísteček, na kterém měl zakroužkovat chutnější cupcake. Ačkoliv ochutnavači vždy slovně hodnotili oba cupcaky jako velmi chutné a jen s nepatrnými rozdíly, nedělalo jim většinou problém označit jeden z dané



dvojice za lepší. Pouze v jediném případě došlo k tomu, že ochutnavač označil oba cupcaky za stejně chutné, než byl donucen se rozhodnout. Tudíž není žádný problém tento jeden případ zanedbat (chovat se, jako by se i tento ochutnavač rozhodl okamžitě) a přistupovat k datům jako k binárním, což nám usnadní jejich analýzu.

## Výsledná data

Výsledná data tvoří 12 řádků, pro každou kombinaci prášku, receptu a trouby jsme zvážili váhu šestice cupcaků před oříznutím a odpad po oříznutí. Vydělili jsme tyto dvě nameřené veličiny a dostali jsme poměr vah, který jsme použili v další analýze (tabulka 5). Průměrná váha šestice cupcaků s fosfátovým a vinným práškem byla podobná, ale lišily se průměrné váhy ořezu a tedy i poměry mezi prášky. Průměrný poměr vah pro cupcake s fosfátovým práškem byl 0.20 a pro vinný byl 0.12 (tabulka 6).

Tabulka 5: Výsledná data. Váha znázorňuje váhu jedné šestice cupcaků před oříznutím, ořez je hmotnost odříznuté části z dané šestice cupcaků a poměr je podíl těchto dvou veličin.

Prášek	Trouba	Recept	Váha [g]	Ořez [g]	Poměr
Fosfátový	1	Vanilka	302.8	92.4	0.305
		Banán	268.1	89.5	0.334
		Čokoláda	267.7	23.6	0.088
	2	Vanilka	219.9	17.5	0.080
		Banán	283.8	93.0	0.328
		Čokoláda	262.9	17.0	0.065
Vinný	1	Vanilka	230.5	23.7	0.103
		Banán	293.8	84.1	0.286
		Čokoláda	258.9	5.6	0.022
	2	Vanilka	273.9	36.0	0.131
		Banán	281.1	53.7	0.191
		Čokoláda	254.9	2.2	0.009

Pro posouzení chuti bylo vytvořeno 36 párů tak, aby každý ochutnávající dostal dva cupcaky stejného receptu upečené ve stejné troubě, ale s jinými prášky. Počet lepších cupcaků se příliš nelišil mezi prášky u banánového

Tabulka 6: Průměrné hodnoty (směrodatné odchyly) cupcaků pro oba kypřící prášky zvlášť. Váha znázorňuje váhu jedné šestice cupcaků před oříznutím, ořez je hmotnost odříznuté části z dané šestice cupcaků a poměr je podíl těchto dvou veličin.

	Fosfátový	Vinný
Váha [g]	267.53 (27.56)	265.52 (22.34)
Ořez [g]	55.50 (39.67)	34.22 (31.07)
Poměr	0.20 ( 0.13)	0.12 ( 0.10)

a čokoládového receptu, ale u vanilkového receptu byl oblíbenější cupcake s fosfátovým práškem (tabulka 7).

Tabulka 7: Počty cupcaků označených jako chuťově lepší pro každý recept, troubu a prášek.

Recept	Trouba	Prášek	
		Fosfátový	Vinný
Banán	1	4	2
	2	4	2
Čokoláda	1	2	4
	2	4	2
Vanilka	1	6	0
	2	4	2

## Výsledky analýzy

Při použití navrhovaného ANOVA modelu zjistíme, že interakce prášku a receptu není signifikantní na hladině 5% a lze ji tedy z modelu vyřadit. V takto získaném modelu má již samotný prášek p-hodnotu 0.016 a recept dokonce menší než 0.001. Odhady koeficientů nám říkají, jestli má daný prášek nebo recept pozitivní nebo negativní vliv na nakynutí (tabulka 8).

Tabulka 8: Bodové odhady a 95% intervaly spolehlivosti v modelu obsahujícím pevný efekt receptu a prášku a náhodný efekt trouby.

	Bodový odhad	Interval spolehlivosti	
		Dolní mez	Horní mez
Absolutní člen	0.32	0.28	0.36
Recept čokoláda	-0.24	-0.28	-0.20
Recept vanilka	-0.13	-0.17	-0.09
Prášek vinný	-0.08	-0.11	-0.04

Vidíme, že čokoládový i vanilkový recept má odpad menší než recept banánový. Také vinný prášek způsobil zmenšení množství odpadu. Náhodný efekt trouby má směrodatnou odchylku 0.03.

Druhou částí experimentu bylo ověření dobré chuti cupcaků s bezfosfátovým práškem, což provedeme pro každý recept zvlášť. Testujeme hypotézu, že chuť vinného je stejná jako fosfátového, proti alternativě, že chuť je horší. Tento přesný binomický test lze provést pouze pro jednotlivé recepty zvlášť – pokud bychom jej chtěli použít na všechna data současně, nebyl by splněn předpoklad, že data pocházejí ze stejné populace.

P-hodnota při testování banánového receptu je 0.19, hypotézu tedy nezamítáme. Stejně tak nezamítáme hypotézu pro čokoládový recept s p-hodnotou 0.61, ale chuť se nám s vinným práškem zkazí u vanilkového receptu, kde hypotézu zamítneme kvůli p-hodnotě 0.02. U vanilkového receptu je tedy chuť s novým práškem výrazně horší než s fosfátovým.

# Závěr

Cílem našeho experimentu bylo testování vinného bezfosfátového prášku jako alternativy ke klasickému kypřicímu prášku. V návrhu byl kladen důraz na jednoduchost experimentu a minimální množství pozorování, jelikož jsme měli k dispozici pouze omezené kapacity a lidské zdroje. Proto byl navržen a realizován faktoriální experiment typu  $2 \times 2 \times 3$  (trouba, prášek, recept).

Primárně jsme vyhodnotili rozdíly ve vlivu obou prášků na nakynutí cupcaků. Ukázalo se, že bezfosfátový prášek má nižší kypřicí schopnost. Chuť zůstala stejná nebo lepší s novým bezfosfátovým práškem v případě čokoládového a banánového receptu, u vanilkového však došlo k významnému zhoršení. Proto je na zadavateli, aby vyhodnotil potenciální ztrátu části odběratelů vanilkových cupcaků a naopak možnost ušetření na odpadu a zisk nových strážníků díky použití bio prášku.

Při realizaci experimentu jsme narazili na jediný problém, a to příliš malé nakynutí cupcaků. Čokoládový recept nakynul s vinným práškem minimálně, proto většinu cupcaků v daných měřeních nebylo možné ořezat a výsledným podílem byla téměř nula. Tyto hodnoty mohly zapříčinit menší ořez celkově u vinného prášku a mohly ovlivnit výsledky analýzy.

# Příloha

## Recepty

Za poskytnutí receptů děkujeme Veronice z [www.zghettablog.cz](http://www.zghettablog.cz).

### Banánové cupcakes

#### Ingredience

##### Těsto

- 150 g másla
- 300 g třtinového cukru
- 4 menší vejce
- 4 zralé banány
- 370 g hladké mouky
- 120 ml mléka
- 2 lžičky kypřicího prášku
- 2 lžičky vanilkového extraktu

##### Krém

- 400 ml mléka
- 40 g čokoládového pudinku
- 250 g másla
- 200 g cukr moučka
- 200 g čokolády (nad 70% kakaá)

**Postup** Troubu předehřejeme na 180 stupňů s roštěm uprostřed. Změklé máslo vyšleháme do pěny (cca 3 minuty na vysoké otáčky), přidáme cukr a opět šleháme další 2-3 minuty do světlé pěny. Setřeme z okrajů přilepené máslo, abychom měli celou směs kompaktní. Po jednom přidáme vejce, vanilkový extrakt a rozmačkané banány. Musí být opravdu zralé, klidně i s hnědou

slupkou. Odvážíme si mouku a smícháme ji s kypřícím práškem a do těsta na nízké otáčky postupně přidáme polovinu mouky, mléko a další polovinu mouky. Šleháme jen, než se vše dobře smísí dohromady. Nachystáme si 12 košíčků a rovnoměrně do nich rozdělíme těsto. Pečeme cca 20 minut. Propečenost zkusíme špejlí. Pokud vyjde čistá, cupcaky jsou hotové.

Uvaříme pudink ve 400 ml mléka a necháme za stálého míchání vychladnout. Dáme si ve vodní lázni rozpustit 200 g kvalitní čokolády. Dobře vymícháme 250 g měkkého másla se 200 g moučkového cukru a postupně přišleháme pudink. Nakonec lehce vmícháme rozpuštěnou čokoládu.

## Čokoládové cupcakes

### Ingredience

#### Těsto

- 100 g kakaa
- 480 ml vroucí vody
- 180 g polohrubé mouky
- 170 g hladké mouky
- 4 lžičky kypřícího prášku
- špetka soli
- 226 g másla pokojové teploty
- 400 g cukr krystal
- 4 velká vejce
- 4 lžičky vanilkového extraktu

#### Krém

- 500 g mascarpone/tvarohu
- 200 ml smetany ke šlehání
- 300 g drobného ovoce (borůvky, maliny, ostružiny, jahody,...)
- cukr dle chuti

**Postup** Předehřejeme troubu na 190 stupňů. Vajíčka a máslo necháme ohřát na pokojovou teplotu. Kakao rozmícháme ve vroucí vodě a necháme ho zchladnout zpět na pokojovou teplotu. V míse smícháme obě mouky, kypřící prášek a sůl. Změklé máslo nakrájené na kostičky vyšleháme v mixéru na nejvyšší otáčky do pěny, přidáme cukr a šleháme další minutu až dvě. Přidáme vajíčka, jedno po druhém, až se úplně smísí se zbytkem.

Přidáme rovnoměrně vanilkový extrakt. Smícháme se sypkými ingrediencemi a na nižších otáčkách šleháme jen do té doby, než se spojí se zbytkem. Nakonec přidáme zchladlé kakao s vodou a šleháme na nejvyšší otáčky asi dvě minuty. Formičky naplníme těstem asi do dvou třetin.

Cupcaky dáme do trouby o jedno patro níž, než doprostřed, a pečeme 18-19 minut. Zkontrolujeme je ale už po 15 minutách. Nesmí se péct déle, než je nutné, jinak budou suché. Hotové jsou, když na povrchu po zmáčknutí lehce pruží a špejle vychází z těsta suchá.

Na krém zahřejeme ovoce v hrnci (mražené s trochou vody, ať se nepřipaluje), až změkne, rozmixujeme ponorným mixérem a vaříme do sirupové konzistence, až se odpaří většina vody. Mascarpone/tvaroh vyšleháme s cukrem, pomalu přilíváme smetanu a nakonec přišleháme i ovocné pyré.

## Vanilkové cupcakes

### Ingredience

#### Těsto

- 226 g změkklého másla
- 260 g cukru krystal
- 6 vejce
- 2 lžičky vanilkového extraktu
- 120 ml mléka
- 200 g hladké mouky
- 190 g polohrubé mouky
- špetka soli
- 3 lžičky kypřicího prášku

#### Krém

- 400 ml mléka
- 40 g vanilkového pudinku
- 250 g másla
- 200 g cukr moučka
- 2 vanilkové lusky

**Postup** Troubu předehřejeme na 175 stupňů. Máslo vyšleháme, až změkne a pokud se přilepuje na stěny, stíráme ho gumovou stěrkou. Přidáme cukr a šleháme do pěny, opět stíráme kraje, ať je těsto rovnoměrné. Přidáme

vejce a vanilku. Odvážíme si mouky a smícháme je se solí a kypřícím práškem. Do těsta přisypeme polovinou moučné směsí, mléko a druhou polovinu sypkých surovin. Pečeme 17-20 minut, vyzkoušíme špejlí.

Na krém je potřeba uvařit pudink ve 400 ml mléka a nechat ho za stálého míchání vychladnout. Dobře vymícháme 250 g měkkého másla se 200 g moučkového cukru a postupně přišleháme pudink. Přidáme obsah vanilkových lusků.

## Obrázky





